



**Universidade de  
Aveiro  
2018**

Departamento de Engenharia Mecânica  
Departamento de Comunicação e Arte

**André Manuel  
Martinho Romão**

**Bicicleta pessoal de mobilidade urbana**



**Universidade de  
Aveiro  
2018**

Departamento de Engenharia Mecânica  
Departamento de Comunicação e Arte

**André Manuel  
Martinho Romão**

## **Bicicleta pessoal de mobilidade urbana**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Design de Produto, realizada sob a orientação científica do Doutor Carlos Alberto Moura Relvas, Professor auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro, e do Doutor Eduardo Jorge Henriques Noronha, Professor auxiliar convidado do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro,



## **o júri**

presidente

**Prof. Doutor Victor Fernando Santos Neto**  
Professor auxiliar em regime laboral, Universidade de Aveiro

vogal

**Prof. Doutor João Nunes Sampaio**  
professor auxiliar convidado, Universidade de Aveiro

vogal - arguente principal

**Prof. Doutor Ricardo Nuno de Oliveira Bastos Torcato**  
professor adjunto, Universidade de Aveiro

vogal - orientador

**Prof. Doutor Carlos Alberto Moura Relvas**  
professor auxiliar, Universidade de Aveiro



## **agradecimentos**

Agradeço aos meus pais e namorada por todo o apoio e motivação no dia-a-dia e percurso acadêmico.

Aos meus orientadores, pela disponibilidade e aconselhamento durante a realização deste projeto.

**palavras-chave**

Mobilidade, Bicicleta, Transportes, Urbanismo, Sustentabilidade.

**resumo**

O estilo de vida atual em ambiente urbano exige que o Homem realize diariamente um conjunto de deslocações de curta e média distâncias, de casa até ao trabalho, comércio ou serviços, recorrendo a uma diversidade de transportes públicos ou particulares.

A bicicleta surge como uma boa opção para que estas deslocações sejam rápidas, económicas, saudáveis e ambientalmente sustentáveis. Para melhor responder às solicitações do quotidiano, é fundamental que a bicicleta se adapte não só ao utilizador, mas também aos seus hábitos e envolvente. Para tal, foi desenvolvida uma bicicleta dobrável, facilmente transportada na bagageira de um automóvel ou transporte público e que possibilite a sua fácil arrumação no local de trabalho ou em casa.

Com o objetivo de obter uma proposta de produto viável, inicialmente estudaram-se os hábitos de mobilidade urbana, a sua relação com a bicicleta e a resposta dos diversos modelos presentes no mercado. A fase de projeto iniciou-se com a análise das necessidades do cliente e a geração de conceitos que respondam às mesmas. Por fim, procedeu-se ao projeto de detalhe e testes, de modo a assegurar a viabilidade do produto proposto.

**keywords**

Mobility, Bicycle, Transport, Urbanism, Sustainability

**abstract**

The current lifestyle in an urban environment requires that Man make daily a set of short and medium distances, from home to work, commerce or services, using a variety of public or private transportation.

The bicycle is a good option to make these trips fast, economical, healthy and environmentally sustainable. To better respond to daily requests, it is essential that the bicycle adapts not only to the user, but also to their habits and surroundings. To do this, a folding bicycle will be developed, easily transported in the trunk of a car or public transport, making it easy to store in the workplace or at home.

In order to obtain a viable product proposal, initially the habits of urban mobility, their relationship with the bicycle and the response of the various models present in the market were studied. The project phase began with the analysis of customer needs and the generation of concepts that respond to them. Finally, a detailed design and testing project was carried out to ensure the viability of the proposed product.

## Índice

1. Introdução .....	9
1.1. Contextualização.....	9
1.2. Objetivos do trabalho.....	10
1.3. Metodologia .....	10
1.4. Estrutura do documento .....	11
2. Estado-da-Arte.....	13
2.1. Mobilidade.....	13
2.2. Novas tendências e comportamentos.....	16
2.2.1. Meios de transporte pessoal alternativos. ....	16
2.2.2. A Bicicleta como solução.....	17
2.2.3. Serviços de <i>Bike Sharing</i> . ....	18
2.3. Soluções construtivas atuais.....	21
2.3.1. Mecanismos de dobragem.....	22
2.3.2. Tamanhos de Rodas.....	24
2.3.3. Materiais. ....	25
2.4. <i>Benchmarking</i> .....	29
3. Desenvolvimento de projeto.....	33
3.1. Requisitos do utilizador .....	33
3.2. Modelo de Kano.....	36
3.3. Especificações do produto.....	38
3.4. <i>Matriz de conceito e produto</i> (QFD).....	40
4. Desenvolvimento conceptual.....	43
4.1. Conceito inicial.....	43

4.2.	FMEA de conceito .....	44
4.3.	Revisão de conceito .....	45
5.	Concretização .....	47
5.1.	FMEA de Produto .....	47
5.2.	Estudo ergonómico .....	47
5.3.	Mecanismo de dobragem.....	51
6.	Projeto de Detalhe.....	53
6.1.	Seleção de componentes. ....	53
6.2.	Materiais e processos de fabrico. ....	57
7.	Análise por elementos finitos.....	61
7.1.	Identificação das cargas a considerar. ....	61
7.2.	Aplicação das condições no <i>software</i> de simulação. ....	61
7.3.	Análise de resultados. ....	64
8.	Proposta final .....	71
9.	Conclusões e trabalhos futuros .....	83
9.1.	Continuidade do projeto .....	85
	Referências bibliográficas. ....	87
	Anexos.....	97
	Benchmarking.....	99
	Matriz de qualidade e produto.....	103
	FMEA de conceito e produto.....	109
	Desenhos técnicos.....	115

## Índice de figuras

Figura 1 Tempo médio necessário para realizar pequenas deslocações urbanas em diversos meios de transporte. [1] .....	9
Figura 2 Bicicleta em autocarro da Carris (6) .....	14
Figura 3 Bicicletas em comboio da C.P. (7) .....	14
Figura 4 Bicicleta em autocarro nos E.U.A. (8) .....	15
Figura 5 Bicicletas em carruagem na Dinamarca. (9) .....	15
Figura 6 Bicicletas no metro na Alemanha. (10) .....	15
Figura 7 Hoverboard (12) .....	16
Figura 8 Trotinete elétrica (13) .....	16
Figura 9 Bicicleta do Wittefietsenplan em Amesterdão. (16) .....	18
Figura 10 BUGAs num estacionamento específico. (17) .....	19
Figura 11 Bicicleta do sistema GIRA (19) .....	19
Figura 12 Rua congestionada com bicicletas abandonadas. (20) .....	20
Figura 13 Bicicleta vandalizada. (21) .....	20
Figura 14 Militar com bicicleta dobrável. (23) .....	22
Figura 15 Raleigh Twenty Folder. (23) .....	22
Figura 16 Puch Picnic. (23) .....	22
Figura 17 Mecanismo horizontal fechado. (24) .....	23
Figura 18 Alavanca de acionamento remoto. (24) .....	23
Figura 19 Mecanismo vertical dobrado. (25) .....	23
Figura 20 Bicicleta "Strida". (26) .....	24
Figura 21 Bicicleta "Strida" compactada. (26) .....	24
Figura 22 Bicicleta "Muzzicycles". (31) .....	27
Figura 23 Bicicleta Wood Classic da MUD. (32) .....	27

Figura 24-Gráfico comparativo de preços. ....	30
Figura 25-Gráfico comparativo de peso. ....	30
Figura 26 Bicicletas comuns transportadas numa carruagem da C.P.....	34
Figura 27 Bicicleta numa escada rolante em estação de comboio. ....	34
Figura 28 Bicicleta saindo de um elevador. ....	34
Figura 29 Bicicletas parqueadas na rua, vandalizadas.....	34
Figura 30 Representação gráfica da classificação dos requisitos segundo o modelo de Kano. (37).....	37
Figura 31 Gráfico com índice de atributos de qualidade após construção da matriz de conceito .....	40
Figura 32 Gráfico com índice de características de qualidade revistas após construção da matriz de conceito .....	41
Figura 33 Priorização do desenvolvimento de componentes. ....	42
Figura 34 Primeiros esboços de conceito. ....	43
Figura 35 Esboço do primeiro conceito. ....	43
Figura 36 Bicicleta dobrável com as rodas não colineares. ....	44
Figura 37 Alteração no mecanismo de dobragem. ....	44
Figura 38 Modelação rudimentar de conceito e modelo humano. ....	46
Figura 39 Modelação rudimentar de conceito dobrado.....	46
Figura 40 Esboço guarda-lamas e bolsa sobre modelação C.A.D.....	46
Figura 41 Relação entre a postura do ciclista e a utilização da bicicleta. (39) .....	48
Figura 42 Medição de entrepernas. (41) .....	49
Figura 43 Medição da altura do selim. ....	49
Figura 44 Estudo do transporte segurando no selim. ....	50
Figura 45 Estudo da amplitude de movimentos. ....	51
Figura 46 Esboço do mecanismo. ....	51

Figura 47 Obtenção de dimensões para realização do mecanismo. ....	52
Figura 48 Mock-up do mecanismo. ....	52
Figura 49 Análise ao movimento do mecanismo. ....	52
Figura 50 Caixa de direção. (42) .....	54
Figura 51 Pedal. (43) .....	54
Figura 52 Movimento pedaleiro. (44) .....	54
Figura 53 Conjunto de travões e calços. ....	55
Figura 54 Par de manetes de travão. (46) .....	55
Figura 55 Pormenor do pneu. (47) .....	55
Figura 56 Par de punhos. (48) .....	56
Figura 57 Roda frontal (49) .....	56
Figura 58 Selim. (50) .....	56
Figura 59 Pormenor da correia de transmissão. (51) .....	56
Figura 60 Descanso padrão. (52) .....	57
Figura 61 Quadro e forqueta. ....	57
Figura 62 Soldadura T.I.G. (54) .....	58
Figura 63 Representação esquemática do processo de hidroformação. (56) .....	58
Figura 64 Kit de Luzes. ....	59
Figura 65 Conjunto de acessórios. ....	59
Figura 66 Cranque. ....	60
Figura 67 Simulação das forças no software. ....	63
Figura 68 Malha de elementos finitos. ....	63
Figura 69 Resultado das tensões para a situação1 empregando a liga 6061-T6. ....	64
Figura 70 Resultado das tensões para a situação2 empregando a liga 6061-T6. ....	64
Figura 71 Resultado do deslocamento para a situação1 empregando a liga 6061-T6. ....	65
Figura 72 Resultado do deslocamento para a situação 2 empregando a liga 6061-T6. ....	65



Figura 73 Resultado das tensões para a situação 1 empregando a liga 7075-T6. ....	66
Figura 74 Resultado das tensões para a situação2 empregando a liga 7075-T6 .....	67
Figura 75 Resultado do deslocamento para a situação1 empregando a liga 7075-T6.....	67
Figura 76 Resultado do deslocamento para a situação2 empregando a liga 7075-T6.....	68
Figura 77 Local de concentração de tensões. ....	68
Figura 78 Local de concentração de tensões reforçado. ....	68
Figura 79 Local com baixa concentração de tensões, aligeirado. ....	69
Figura 80 Inserto em aço reforça zona de concentração de tensões.....	69
Figura 81 Vista frontal da bicicleta em preto e guiador reto. ....	71
Figura 82 Bicicleta em branco e guiador sobrelevado.....	72
Figura 83 Vista traseira da bicicleta, sem kit de luzes opcional. ....	73
Figura 84 Bolsa transportando garrafa.....	74
Figura 85 Bicicleta com iluminação ativada.....	75
Figura 86 Tamanho da bicicleta e silhueta humana com aproximadamente 1,7m. ....	76
Figura 87 Movimento necessário para a compactação do quadro. ....	76
Figura 88 Bicicleta em condições de ser transportada empurrando-a. ....	77
Figura 89 Mecanismo de dobragem do quadro. ....	78
Figura 90 Relação entre a bicicleta na primeira configuração de fecho e humano com 1,7m.....	78
Figura 91 Bicicleta completamente compactada. ....	79
Figura 92 Dimensões gerais da bicicleta compactada, vista lateral. ....	80
Figura 93 Dimensões gerais da bicicleta compactada, vista traseira. ....	80
Figura 94 Comparativo entre a bicicleta completamente fechada e humano com 1,7m. ...	81
Figura 95 Bicicleta compactada na bagageira de um automóvel citadino. ....	81

## Índice de tabelas

Tabela 1 Classificação dos requisitos segundo o modelo de Kano.....	38
Tabela 2 Especificações do produto. ....	39
Tabela 3 Medida de entrepernas para diferentes percentis (40) .....	50
Tabela 4 Forças e locais de aplicação para a primeira situação.....	62
Tabela 5 Forças e locais de aplicação para a segunda situação. ....	62



# 1. Introdução

## 1.1. Contextualização

A aglomeração populacional em torno dos grandes centros urbanos e consequentes problemas na área dos transportes, é um assunto que marca a atualidade na maioria dos países desenvolvidos. São diversas as medidas que os governos e variadas organizações tomam com vista a modificar os hábitos da população, para uma maior utilização dos transportes coletivos e para a adoção de meios de transporte pessoal alternativos ao automóvel, os chamados meios de transporte suaves.

A bicicleta, como meio de transporte económico, ecológico, promotor da saúde e de fácil utilização, assume-se como um dos principais instrumentos de mobilidade suave.

No entanto não se trata de uma solução perfeita para a problemática da mobilidade urbana. As necessidades de mobilidade da sociedade exigem que diariamente, sejam percorridas elevadas distâncias em curtos espaços de tempo, o que não é possível recorrendo apenas à bicicleta.

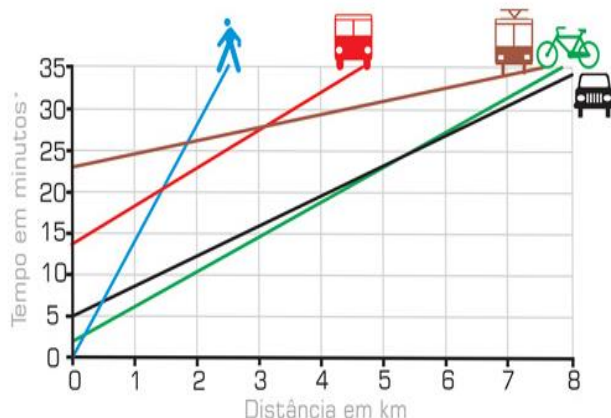


Figura 1 Tempo médio necessário para realizar pequenas deslocamentos urbanos em diversos meios de transporte. [1]

Ao analisar o gráfico, pode-se concluir que até a uma distância máxima de 4,5Km, a bicicleta é o meio de transporte urbano mais rápido, mesmo quando comparada com o automóvel ou transportes coletivos. Nestas medições, o tempo foi contabilizado desde o início da deslocação do sujeito até ao momento em que este inicia a viagem. No caso do automóvel, decorrem em média 5 minutos até que a viagem seja iniciada.

Uma solução mais viável é a utilização da bicicleta como complemento aos transportes motorizados, sejam eles coletivos ou particulares, permitindo ao cidadão percorrer pequenas distâncias entre os locais de paragem dos transportes motorizados e os diversos destinos do seu dia-a-dia.

Para facilitar o transporte no interior de um automóvel particular ou num transporte coletivo, onde o espaço disponível para bagagens é reduzido, surgiram há já várias décadas, modelos de bicicleta passíveis de serem compactadas, seja por dobragem ou desmontagem das mesmas. Apesar da evolução e da variedade de modelos disponíveis no mercado, o ponto fraco deste conceito é a complexidade das operações necessárias para a compactação da bicicleta e o tempo necessário para as realizar que contribuem para a fraca adaptabilidade geral destas bicicletas ao estilo de vida atual.

## **1.2. Objetivos do trabalho**

Este projeto pretende desenvolver uma solução que permita mitigar as desvantagens encontradas em fase de investigação, projetando um produto que visa adequar-se a um perfil de utilizador que encontra na bicicleta urbana colapsável, um meio de transporte de fácil utilização, económico, promotor de rotinas saudáveis, ecológico e complementar aos meios de transporte coletivos ou automóveis particulares, utilizados no quotidiano.

## **1.3. Metodologia**

Para o cumprimento destes objetivos, este trabalho irá dividir-se em duas fases distintas.

Em primeiro lugar, proceder-se-á a uma recolha de informação do ponto de vista da mobilidade e sobre produtos atuais que procuram solucionar a problemática retratada. Esta fase tem como objetivos estudar as rotinas e hábitos dos potenciais utilizadores, conhecer quais os meios de transporte que este utiliza, quais as dificuldades que enfrenta caso já utilize a bicicleta e quais as características destas, bem como quais os percursos percorridos ou até mesmo que tipo de vestuário usa. Tal permitirá identificar as necessidades do potencial utilizador e de que modo os produtos atuais respondem às suas expectativas. De seguida decorrerá uma fase de projeto, onde tendo em conta a informação recolhida, serão procuradas soluções para os problemas identificados. Pretende-se, portanto, criar uma proposta de produto, desde a geração de

conceitos até ao seu projeto de detalhe e por fim, uma análise por elementos finitos que permitirá otimizar a estrutura principal da bicicleta, o quadro.

#### 1.4. Estrutura do documento

Relativamente à recolha de informação, inicialmente será feita uma pesquisa sobre a mobilidade urbana, os seus problemas e a sua relação com a bicicleta. Posteriormente, será feita uma análise ao comportamento da sociedade relativamente aos seus hábitos de transporte e a sua relação com a bicicleta. Serão também abordados os serviços de *Bike Sharing*, onde será feita uma análise à sua implementação, tendo também em conta as suas virtudes e desvantagens face à utilização da bicicleta pessoal. Outros meios de transporte suave, distintos da bicicleta, são também alvo de uma breve abordagem.

Por último neste capítulo de recolha de informação, será feita uma análise aprofundada aos diversos modelos de bicicletas compactáveis disponíveis no mercado, para além do *benchmarking*, serão abordadas soluções construtivas, materiais e mecanismos.

Para iniciar a fase de projeto, definir-se-ão os requisitos do utilizador e especificações do produto, recorrendo para isso a diversas ferramentas que permitem ajudar a escrutinar e gerir a informação recolhida até então.

Após isto, serão gerados e analisados em pormenor os primeiros conceitos para mais tarde se iniciar o projeto de detalhe. No projeto de detalhe, a bicicleta e os seus sistemas são dimensionados, recorrendo a *software* de CAD (*Computer Aided Design*). Também os seus componentes padronizados são selecionados nesta fase.

Ainda em ambiente digital será utilizada uma aplicação informática onde, será feita uma análise por elementos finitos à estrutura da bicicleta desenvolvida, pré- validando um possível número elevado de falhas que apenas seriam detetadas muito posteriormente, numa hipotética fase de prototipagem.

Por último será feita uma conclusão que contempla uma análise detalhada à proposta de produto desenvolvida, identificando aqueles que poderão ser os próximos passos no processo de desenvolvimento do produto até ao seu fabrico.



## 2. Estado-da-Arte

### 2.1. Mobilidade

O trânsito rodoviário nos grandes centros urbanos, enfrenta há várias décadas graves problemas devido ao uso massificado do automóvel. Grandes problemáticas causadas por este comportamento são a falta de estacionamento, os congestionamentos bem como a poluição, provocados pelo elevado número de automóveis que todos os dias se deslocam da periferia para os centros das cidades e vice-versa. Atualmente já existem autarquias, a implementar restrições ao trânsito de automóveis no centro da cidade. Em Lisboa, estão a ser implementadas zonas de emissões reduzidas, onde a circulação dos carros mais poluentes é proibida; já no centro de Madrid, a circulação de veículos movidos com recurso a motor de combustão interna é interdita. (2) (3)

Em 2016, o presidente da Prevenção Rodoviária Portuguesa, José Miguel Trigo, defendia que:

*“Os portugueses continuam a preferir mais o automóvel do que a média dos países europeus e são resistentes a meios de transporte mais sustentáveis para o ambiente, como os transportes públicos e a bicicleta.” (...) “promover a utilização da bicicleta de forma racional e segura como meio de transporte alternativo é imperioso”. (4)*

Com vista a combater estes graves problemas sociais e ambientais, têm sido vários os apelos ao longo dos anos para que os cidadãos utilizem mais frequentemente os transportes públicos ou a bicicleta nas suas deslocações quotidianas.

Simultaneamente, têm também sido tomadas medidas para que as bicicletas sejam utilizadas em conjunto com os transportes públicos, sendo que a maioria das empresas do ramo, já permite que de alguma forma, estas possam ser transportadas neste tipo de veículos coletivos.

No entanto existem algumas regras definidas pelas empresas de transportes públicos, por exemplo: Em Lisboa, na Carris, as bicicletas podem ser transportadas apenas em autocarros específicos, no Metro existe uma lotação máxima de duas bicicletas por carruagem. Na cidade do Porto, a S.T.C.P. apenas permite que sejam transportadas bicicletas dobráveis fechadas, nos seus



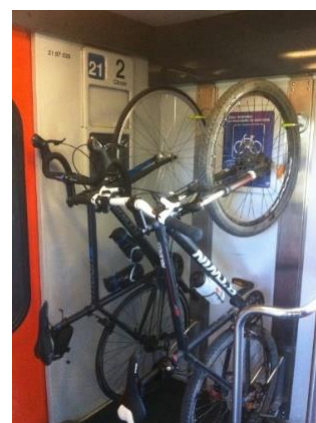
autocarros. Quanto ao Metro não é permitido o transporte de bicicletas durante as chamadas “horas de ponta”, horários em que existe maior afluência de utilizadores derivado de serem próximos das horas mais comuns de entrada e saída do emprego. Tal limitação desencoraja o uso conjunto da bicicleta e do Metro para deslocações de casa até ao local de trabalho. (5)

Estas limitações impostas pelas empresas de transportes, relacionam-se principalmente com o elevado volume ocupado por uma bicicleta convencional e ao incómodo ou falta de segurança que pode causar o transporte e acomodação das bicicletas dentro de um veículo de transportes públicos. Para minimizar estes efeitos, foram criadas diversas soluções que atualmente ainda não estão aplicadas em todos os veículos.

No caso dos autocarros da Carris, estes dispõem de um local onde as bicicletas devem ser fixas através de braçadeiras de velcro fornecidas, já a C.P. dispõe de carruagens onde as bicicletas devem ser penduradas num suporte metálico.



*Figura 2 Bicicleta em autocarro da Carris (6)*



*Figura 3 Bicicletas em comboio da C.P. (7)*

No estrangeiro existem ainda outras soluções, no caso dos E.U.A., são fixos suportes no exterior dos autocarros, na Dinamarca existem carruagens de comboio específicas para o transporte de bicicletas no seu interior e na Alemanha, são acopladas carruagens ao Metro para o transporte de bicicletas.



*Figura 4 Bicicleta em autocarro nos E.U.A. (8)*



*Figura 5 Bicicletas em carruagem na Dinamarca. (9)*



*Figura 6 Bicicletas no metro na Alemanha. (10)*

Tendo em conta estas dificuldades e limitações da utilização de uma bicicleta não dobrável em conjunto com transportes públicos, a bicicleta dobrável, ao ocupar um volume consideravelmente menor, torna-se uma boa alternativa para efetuar deslocações entre transportes públicos, simplificando os problemas logísticos que empresas de transportes públicos enfrentam e minimizando o tempo despendido nas viagens, uma das principais causas referidas para o não uso destes transportes

## 2.2. Novas tendências e comportamentos.

### 2.2.1. Meios de transporte pessoal alternativos.

Existem alguns meios de transporte pessoal alternativos à bicicleta como *skates*, patins ou trotinetes, no entanto apresentam limitações comparativamente à bicicleta. São veículos menos estáveis, exigindo especial habilidade por parte do utilizador. A sua utilização em vias inclinadas é difícil e geralmente dispõem de rodas de pequenas dimensões, incapazes de ultrapassar pequenas irregularidades do pavimento. (11)

Nos últimos anos, o avanço tecnológico potenciou um aumento na variedade e versatilidade de alternativas elétricas, sendo já acessíveis ao público, versões motorizadas dos referidos transportes tradicionais, desde skates, trotinetes até mesmo monociclos.



Figura 7 Hoverboard (12)



Figura 8 Trotinete elétrica (13)

Uma das grandes desvantagens deste grupo de transporte, é o facto de armazenarem a eletricidade necessária ao seu funcionamento em baterias com um ciclo de vida limitado e de difícil reciclagem dada a sua complexidade e aos materiais utilizados. Do ponto de vista da saúde humana, este tipo de veículo potencia um estilo de vida sedentário, causador de muitos problemas na atualidade, por contraposição à bicicleta, ou outros meios de transporte acionados pela força do utilizador, que conduzem à prática de exercício durante as suas utilizações

### 2.2.2. A Bicicleta como solução

Sendo um dos objetivos deste projeto, promover a sustentabilidade das zonas urbanas, o uso da bicicleta como ferramenta de mobilidade urbana, identifica-se, portanto, como oportuno e adequado. Afirmando-se a variante dobrável, a melhor para utilização combinada com transportes públicos, uma vez que também passa pela utilização destes, o desenvolvimento de uma mobilidade urbana mais sustentável e racional.

Os portugueses são ainda muito hesitantes quanto ao uso da bicicleta no seu dia a dia, apenas 7,2% a expõe como um dos três meios de transporte que mais utiliza, um número bastante inferior à média europeia de 24,9%; segundo um estudo pelo projeto *European Survey of Road User's Safety Attitudes* (E.S.R.A.). (4)

Torna-se por isso importante conhecer quem são os utilizadores dos transportes públicos e potenciais utilizadores desta bicicleta, bem como alguns dos seus hábitos.

Um estudo, realizado em 2014 pela Autoridade Metropolitana de Transportes de Lisboa (AMTL) e pelo Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa (ISCTE), conclui que a maioria dos utilizadores dos transportes públicos lisboetas são jovens; 59% com idades entre os 15 aos 24 anos e 43% dos 26 aos 34. Estes, recorrem aos transportes públicos maioritariamente para se deslocarem entre as suas casas e locais de trabalho.

Quanto aos motivos apontados como dissuasores da utilização de transportes públicos, para além da possibilidade de utilização do carro, o segundo fator mais referido foi o maior tempo de deslocação nos transportes públicos, quando comparado com o carro. (14) Neste sentido, o uso da bicicleta pode atuar como um elemento potenciador do uso de transportes públicos, diminuindo o tempo de comutação entre os transportes públicos, a residência e o destino pretendido.

Será possível concluir que um possível público-alvo desta bicicleta, será residente na cidade ou periferia, desloca-se em transportes públicos coletivos no seu quotidiano, especialmente para o seu emprego ou escola, tem uma idade compreendida entre os 15 e os 34 anos e pertence a uma classe média ou baixa. Uma mais-valia aliada à jovem idade do público-alvo deste produto, é o facto de que este pode tornar-se num incentivo a uma mudança de hábitos na vida do seu utilizador, influenciando-o a recorrer a meios de transporte mais suaves e amigos do ambiente durante o resto da sua vida.

Outro possível utilizador deste produto, será alguém que prefere deslocar-se no seu automóvel particular, mas que devido a questões como taxas de estacionamento ou escassez deste, associadas à dificuldade ou interdição de circulação, prefere estacionar na orla do centro da cidade e deslocar-se dentro dela em bicicleta.

Assim sendo a bicicleta apresenta-se como uma solução amiga do ambiente e da cidade, saudável, de circulação e manutenção fácil e económica comparativamente a outros meios de transporte.

### 2.2.3. Serviços de *Bike Sharing*.

Os serviços de “*Bike Sharing*”, são serviços onde são disponibilizadas bicicletas para uso temporário, geralmente para curtas deslocações em áreas urbanas.

Historicamente, este serviço pode ser enquadrado em três gerações. A primeira, surgiu na cidade de Amsterdão com o controverso “*Wittefietsenplan*” durante a década de 1960. Nos *Bike Sharing* desta geração, as bicicletas eram disponibilizadas em vários pontos da cidade, para utilização livre e gratuita, que no caso de Amesterdão apenas se distinguiam pela sua cor branca. Este modelo de serviço, tornou-se



Figura 9 Bicicleta do *Wittefietsenplan* em Amesterdão.  
(16)

rapidamente obsoleto uma vez que as bicicletas sofreram atos de vandalismo e roubos, que as tornaram escassas para o seu propósito inicial. (15)

Com vista a evitar o sucedido em Amsterdão, foram implementados em várias cidades, novos sistemas considerados de segunda geração. Em Aveiro, foi implementado no ano de 2000, um sistema desta geração com o nome BUGA (Bicicleta de Utilização Gratuita de Aveiro). Este sistema era composto por bicicletas especificamente construídas para o efeito do serviço, com desenho distintivo e por locais de estacionamento próprios, distribuídos pela cidade, onde as bicicletas eram bloqueadas recorrendo a um sistema acionado por uma moeda, semelhante ao dos carrinhos de supermercado.





Figura 10 BUGAs num parqueamento específico. (17)

Na segunda geração, tal como na primeira, o anonimato dos utilizadores foi propício a que as bicicletas fossem roubadas, vandalizadas ou simplesmente abandonadas fora dos seus parqueamentos. (18)

Surgiu então a necessidade de identificar e responsabilizar os utilizadores das bicicletas partilhadas. Para isso, foram criados os sistemas de *Bike Sharing* de terceira geração, a principal diferença desta geração para a anterior, é que para desbloquear e bloquear as bicicletas nos seus parqueamentos, é necessário um cartão magnético ou

*smartphone* que identifica o utilizador e em certos casos permite a cobrança de tarifas de utilização. Um exemplo destes é o sistema GIRA, em Lisboa. Esta evolução resulta de uma



Figura 11 Bicicleta do sistema GIRA (19)

maior integração eletrónica no sistema em geral, que possibilita a utilização de aplicações para *smartphone* para melhor gerir o uso do serviço. Quanto às bicicletas, em alguns casos dispõem de assistência elétrica ao pedalar, seguimento por GPS, ou mesmo ecrãs LCD informativos. (19)

Uma das maiores desvantagens destes sistemas de *Bike Sharing* é o facto de que o estacionamento da bicicleta estar limitado a locais específicos, ou seja, o utilizador é obrigado a procurar os estacionamentos mais próximos do início e final da sua viagem para efetuar o levantamento e bloqueio da bicicleta. Para colmatar esta falha, surgiram recentemente nas metrópoles Chinesas e nos Estados Unidos da América sistemas chamados de *Dockless Bike Sharing*, ou seja, sistemas que não recorrem a parqueamentos específicos para as suas bicicletas. Este sistema, recorre mais uma vez ao uso do *smartphone* para desbloquear as bicicletas e efetuar pagamentos pelo uso das mesmas.

No entanto a sua grande vantagem, a ausência de locais específicos para estacionar, tem o seu lado negativo. A distribuição destas bicicletas é muito desequilibrada, acabam concentradas em locais mais movimentados e escassas nas periferias, tendo de ser removidas pelas autoridades locais. Muitas acabam mesmo abandonadas ou vandalizadas. (20)



Figura 12 Rua congestionada com bicicletas abandonadas. (20)      Figura 13 Bicicleta vandalizada. (21)

Apesar de elogiarem a flexibilidade do serviço, os seus utilizadores lamentam a baixa qualidade das bicicletas e frequentes avarias, fruto da fraca manutenção das mesmas. (22)

Após a análise a estes serviços, destacam-se algumas vantagens e obstáculos.

Os seus utilizadores não necessitam de investir na aquisição de uma bicicleta pessoal, nem na sua manutenção, a segurança da mesma não é da sua responsabilidade. No entanto, na maioria dos casos a sua utilização está sujeita ao pagamento de tarifas ou passes.

Quando o estacionamento da bicicleta está limitado a locais específicos, o utilizador é obrigado a procurar os estacionamentos mais próximos do início e final da sua viagem para efetuar o levantamento e bloqueio da bicicleta. Por este motivo e pelo facto de geralmente serem as autarquias ou empresas privadas, as responsáveis pela implementação e manutenção de infraestruturas e bicicletas, a utilização destes serviços limita-se a área territorial destes mesmos órgãos de gestão local.

Em suma, os sistemas de *Bike Sharing* são uma boa opção para quem pretenda deslocar-se dentro dos limites de uma cidade, seja para fins turísticos, de recreio ou até para deslocações de rotina entre diferentes zonas da cidade, no entanto para deslocações externas à cidade ou conjugadas com outros meios de transporte, estes sistemas podem ser inviáveis. Tanto nos sistemas com ou sem estacionamento específico, é necessária uma boa estratégia de distribuição e manutenção das bicicletas, bem como cuidados especiais com a sua segurança.

Concluindo, apesar do constante aprimoramento, os serviços de *Bike Sharing* nunca serão atrativos para todos os ciclistas, quer seja pelas lacunas destes serviços, ou pela simples preferência de possuir uma bicicleta pessoal, possível de personalizar segundo o gosto do seu proprietário, haverá sempre lugar para a bicicleta pessoal.

### **2.3. Soluções construtivas atuais.**

Dado o objetivo deste trabalho, projetar uma bicicleta dobrável de utilização urbana, importa conhecer algumas particularidades construtivas fulcrais que contribuem para grande parte das características mais relevantes numa bicicleta deste tipo.

Particularidades como o mecanismo de dobragem, o tamanho das rodas e o material empregue na construção da estrutura da bicicleta, são dos fatores que mais influenciam características chave do produto final, nomeadamente a facilidade de utilização, o conforto e eficiência do pedalar, a segurança, a agilidade e estabilidade.

Seguidamente, são analisadas as referidas particularidades construtivas e a forma como influenciam produtos já existentes.



### 2.3.1. Mecanismos de dobragem.

Datam dos finais da década de 80 do século XIX as primeiras patentes de bicicletas dobráveis, no entanto só durante a primeira guerra mundial é que a produção destas se massificou. Os primeiros exemplares de bicicletas dobráveis eram modelos similares aos normais da época, em que o quadro poderia ser dobrado para ser transportado por militares paraquedistas durante as suas missões.



Figura 14 Militar com bicicleta dobrável. (23)

Após a depressão económica resultante da segunda guerra mundial e crescente popularidade de veículos motorizados das décadas seguintes, as bicicletas dobráveis voltam a surgir no início da década de 1970. Nesta altura, a maioria dos fabricantes de bicicletas comercializavam modelos dobráveis baseados na estrutura da *Raleigh Twenty Folder* e na *Puch Picnic*, uma tendência que de certo modo se mantém até aos dias de hoje, sendo poucas as marcas que apresentam soluções distintas. (23)



Figura 15 Raleigh Twenty Folder. (23)



Figura 16 Puch Picnic. (23)

As soluções atuais podem-se distribuir em 3 grupos principais, as dobráveis horizontalmente, dobráveis verticalmente e dobráveis com quadro tipo “A”.

As dobráveis horizontalmente, baseadas nos modelos que surgiram na década de 70 do século passado, são as mais comercializadas. Apresentam um sistema tipo dobradiça no quadro,

fixo através de um parafuso ou gancho, geralmente combinado com sistemas semelhantes para dobrar o guidador e um aperto rápido para recolher o selim. Em alguns casos a dobradiça no quadro pode ser acionada remotamente.



Figura 17 Mecanismo horizontal fechado. (24)



Figura 18 Alavanca de acionamento remoto. (24)



Figura 19 Mecanismo vertical dobrado. (25)

As dobráveis verticalmente são bicicletas menos comuns devido ao número reduzido de fabricantes, dentre eles destaca-se a *Brompton*. Neste caso, o mecanismo de dobradiça no quadro funciona verticalmente, possibilitando que a roda traseira recolha, por baixo, para a parte central da bicicleta. Habitualmente este sistema é também combinado com outros mecanismos para recolher o guidador e selim.

Existem ainda outros sistemas como o da *Strida*, o seu quadro com uma geometria triangular, comumente chamado de geometria “A”, é articulado e permite ser convertido desacoplando a barra inferior.



Figura 20 Bicicleta "Strida". (26)



Figura 21 Bicicleta "Strida" compactada. (26)

Nota para outra tipologia de bicicletas existente, embora não podendo ser consideradas dobráveis ou conversíveis, são a bicicletas de quadro desmontável. Neste caso o quadro divide-se, sendo facilmente transportado dentro de um saco ou mala de viagem, uma solução bastante utilizada por viajantes, mas pouco prática em ambiente urbano uma vez que passamos a ter múltiplos objetos desagregados para transportar.

### 2.3.2. Tamanhos de Rodas.

Quanto aos diâmetros de rodas para bicicletas, a escolha é vasta e existem vários tamanhos e modelos padronizados. Este facto permite que as rodas, os seus componentes internos e outros componentes dependentes, sejam facilmente intermutáveis entre modelos e fabricantes. Assim sendo, uma roda danificada ou componentes de desgaste como pneus ou câmaras de ar podem ser prontamente substituídos em qualquer estabelecimento de reparação de bicicletas.

Para além da relação entre o diâmetro da roda e o tamanho da bicicleta, dependendo se esta é destinada a adultos ou crianças, existem também bicicletas que sendo para o utilizador adulto, têm diferentes dimensões de roda.

Surge então a questão sobre quais as vantagens e desvantagens de cada um dos tamanhos de roda.

Comparando duas rodas semelhantes que diferem apenas no diâmetro exterior, a roda de maior diâmetro apresenta menos resistência ao rolamento do que a roda menor, reduzindo assim a força com que o utilizador tem de pedalar para manter uma velocidade constante. As rodas de maior diâmetro apresentam também maior facilidade em rolar sobre pequenos obstáculos, por consequência, circulando em pisos irregulares, as bicicletas dotadas de rodas com maior diâmetro tendem a ser mais confortáveis.

Por outro lado, quanto maior for o diâmetro de uma roda, maior será o seu peso e momento de inércia. Apesar de tal propriedade não ser relevante quando uma bicicleta viaja a velocidades constantes, quanto maior for o momento de inércia associado às rodas de uma bicicleta, mais resistência esta apresentará durante as fases de aceleração e desaceleração, prejudicando o arranque e paragem da bicicleta. (27)

Existem também outras vantagens no uso de rodas de menor diâmetro. Devido ao seu reduzido tamanho, permitem criar bicicletas mais compactas, que necessitam de menos espaço para serem guardadas. Uma bicicleta com rodas de menor diâmetro pode também ser mais baixa e ter uma posição de condução mais próxima do solo, tal permite uma entrada e saída do utilizador mais facilitada bem como uma condução mais ágil, facilitando as mudanças de direção repentinas e em pequenos espaços.

Pode-se concluir que uma bicicleta com rodas de maior diâmetro será vantajosa para percorrer distâncias mais longas, em ritmo de velocidade constante, enquanto que uma bicicleta com rodas de menor diâmetro será uma mais-valia para uso em pequenas deslocações, com paragens, arranques e trocas de direção frequentes e quando o espaço de armazenamento é escasso.

### **2.3.3. Materiais.**

Atualmente existe uma grande variedade de materiais empregues no fabrico de quadros de bicicletas. A maioria destas estruturas é construída em ligas metálicas, nomeadamente ligas de aço e de alumínio.

As ligas de aço, dependendo da sua composição, apresentam-se com uma vasta gama de propriedades físicas e mecânicas refletindo-se estas propriedades no seu preço. Assim, nas bicicletas de gamas mais económicas, são utilizados tubos em aço com a designação comercial de “*Hi-Ten*” (abreviatura para *High Tensile*). Nas bicicletas com estrutura em aço de gamas mais

altas, são utilizadas ligas de Crômio e Molibdênio, de resistência mecânica superior quando comparadas às tradicionais “*Hi-Ten*”. Estas ligas permitem a utilização de perfis de menor espessura e por consequência, menor peso, mantendo as características de resistência e rigidez do quadro.

De entre as ligas de alumínio, a de utilização mais comum é EN AW-6061 pois esta, apresenta propriedades mecânicas adequadas, baixa densidade volúmica e é facilmente processada e soldada, sendo muitas vezes utilizada no fabrico de elementos de espessura e perfil variável, obtidos por hidroformação. Para além de resultar em estruturas mais leves e igualmente resistentes quando comparadas com estruturas de aço, os quadros em alumínio apresentam uma maior resistência à corrosão. Apesar de também existir corrosão em ligas de alumínio, esta acontece apenas à superfície não tendo impacto na rigidez e segurança da estrutura. (28)

Inicialmente apenas presente em alta competição, na atualidade os quadros e componentes fabricados em materiais compósitos estão acessíveis a todos os utilizadores de bicicletas, ainda que a preços bastante elevados.

No que diz respeito a materiais compósitos, para o fabrico de quadros de bicicletas, é maioritariamente utilizado um reforço de fibras de carbono em matriz de resina epóxi. O reforço em fibra de carbono é usado sob a forma de tecido ou fibras unidirecionais, dependendo da orientação das fibras, o material final terá propriedades mecânicas variáveis em diferentes direções, trata-se de um material anisotrópico.

Com o emprego deste material, é possível obter quadros com um peso significativamente mais baixo do que os fabricados em aço e ligas de alumínio. Tratando-se de um material anisotrópico, a orientação das fibras é projetada para que se obtenha maior rigidez quando o quadro é sujeito a cargas presentes durante a circulação na bicicleta, tal implica que o quadro não esteja preparado para resistir a solicitações imprevistas, estando mais vulnerável a quebras em situações de acidente ou transporte inadequado da bicicleta. (29) Dada a natureza do material, estes quadros são de difícil reparação e reciclagem o que significa que a maioria dos quadros danificados, acabam descartados em aterros sanitários, gerando um impacto ambiental maior, quando comparado com outros materiais recicláveis. (30)

Apesar da propagação de polímeros um pouco por todas as áreas de produtos, ainda são pouco aplicados no fabrico de quadros de bicicletas. Um dos primeiros casos surgiu no Brasil, a “*Muzzicycles*” constrói quadros de bicicletas de utilização urbana a partir de polímero reciclado. O quadro pode ser fabricado em polipropileno, poliestireno, nylon ou polietileno e está disponível

em dois modelos, cada um destinado a utilizadores com diferentes pesos. Este quadro em particular não se destaca dos equivalentes em metal pelo seu peso.

Para além do facto de ser produzido através de material reciclado, o fabricante aponta como principais vantagens, o conforto, uma vez que a estrutura absorve vibrações e pequenas irregularidades da estrada, o seu design orgânico e o facto de ser produzida por moldação por injeção, dispensando operações de corte e soldadura, tal como pintura, uma vez que a cor é conferida pela pigmentação do polímero.



Figura 22 Bicicleta "Muzzicycles". (31)

Como principal desvantagem, esta bicicleta é pouco resistente à exposição solar prolongada, uma vez que a radiação ultravioleta degrada as propriedades mecânicas dos polímeros utilizados. (31)

De salientar ainda o uso de madeira para a construção da estrutura e alguns componentes de bicicleta. Um exemplo é a bicicleta urbana “MUD Wood Classic” um projeto nascido no atelier de design “MUD” em Ovar. (32) A utilização de madeira neste projeto não se relaciona diretamente com vantagens técnicas, mas com a possibilidade de utilizar a madeira, um material ecologicamente sustentável e de características visuais particulares, que permite dar um aspeto singular a esta bicicleta, para além desta vantagem, a flexibilidade da madeira laminada pode ser utilizada em favor do conforto do utilizador, absorvendo pequenas irregularidades e vibrações, tal como no caso das construídas em material polimérico.



Figura 23 Bicicleta Wood Classic da MUD. (32)





## ***2.4. Benchmarking***

Na área da mobilidade existe uma grande variedade de ofertas dos mais variados produtos, o caso particular das bicicletas compactáveis não é exceção. Existe uma infinidade de marcas que incluem na sua gama modelos compactáveis, bem como algumas marcas que se focam neste segmento do mercado, tendo na sua gama apenas modelos deste tipo.

Estando a competir com uma oferta tão grande, torna-se imprescindível conhecer o que o mercado tem para oferecer e analisar as falhas e virtudes de todos estes modelos bem como o segmento económico em que se inserem.

Para isso será feito um comparativo onde serão analisadas as diversas ofertas do mercado; tendo em conta a dimensão deste, poder-se-ia julgar que existe uma infinidade de soluções e materiais, mas tal não é totalmente verdade uma vez que muitas das marcas não especializadas neste tipo de modelos, apenas completam a sua gama com modelos semelhantes aos demais existentes. Para que este comparativo não se torne excessivo, vão ser analisados alguns exemplos-chave que de algum modo se distinguem dos demais, seja pelo seu desenho, a sua utilização, os materiais empregues no seu fabrico ou as soluções mecânicas e práticas.

A tabela com a análise pormenorizada e dados relativos a cada bicicleta é apresentada em anexo. Apesar da proposta de produto desenvolvida constar no comparativo, tal é apenas relevante numa fase de conclusão e não implica que possa ser comparada diretamente com os demais modelos, dada a utilização específica de cada um.

De seguida, é também apresentada uma análise gráfica relativa ao preço e peso de cada modelo.



### Preços (€)

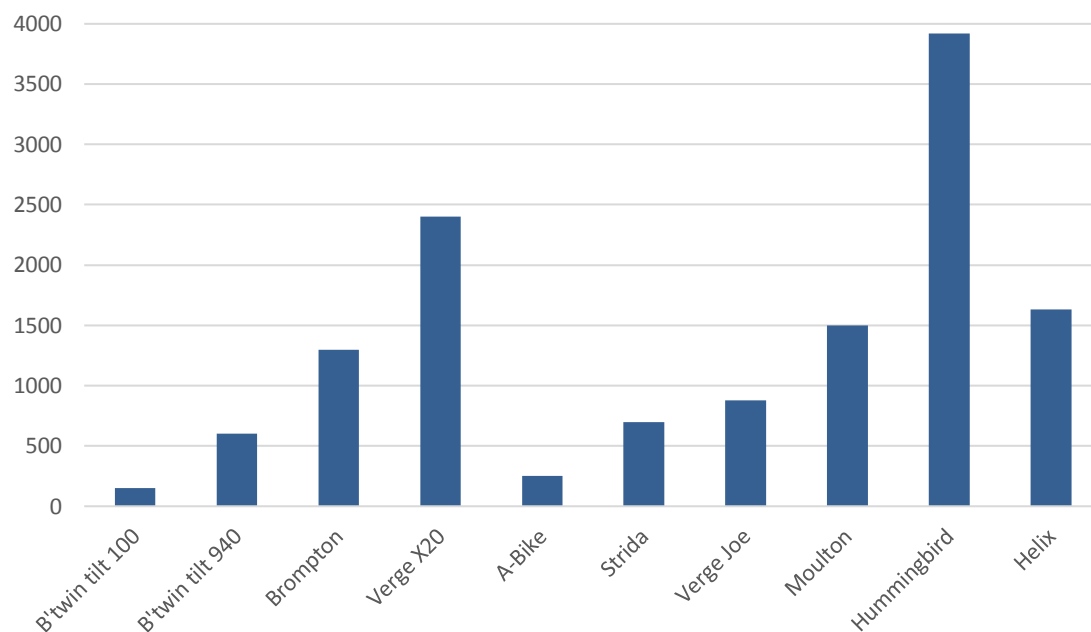


Figura 24-Gráfico comparativo de preços.

### Peso (Kg)

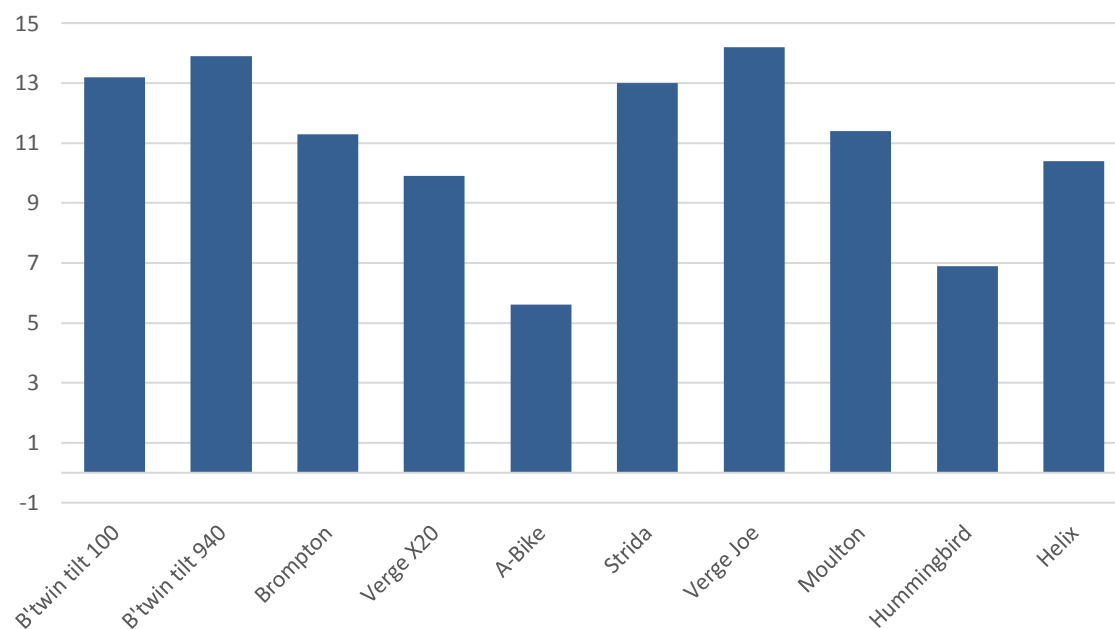


Figura 25-Gráfico comparativo de peso.

Após a análise destes elementos, podem-se retirar algumas conclusões. Relativamente ao preço, verifica-se que abrange um espectro de 150€ para a *B'Twin Tilt 100* até 3920€ para a *Hummingbird*. (33)(34) Quanto a estes dois modelos, verifica-se que apresentam designs bastante distintos entre elas, a primeira recorre a um mecanismo de fecho horizontal e a segunda, um sistema vertical. A diferença de custo entre estes dois exemplares é explicada pelos materiais usados na sua construção, uma liga de aço no caso da *B'Twin* e no caso da *Hummingbird*, material compósito reforçado com fibra de carbono e liga de alumínio. O facto de a *B'Twin* ser uma bicicleta de produção em massa e a *Hummingbird* ser produzida em pequenas séries, recorrendo a processos de fabrico de baixa cadência de produção, também se reflete grandemente no preço final.

Analisando as dimensões das bicicletas em geral, verifica-se que existe uma grande semelhança entre as bicicletas com rodas de 20" e sistema de dobragem horizontal, pode-se mesmo considerar que esta tipologia, quando comparada com as demais, constituiu uma média no que diz respeito às dimensões quando fechadas. Pode-se mesmo considerar que existe uma relação entre complexidade do sistema de fecho e as suas dimensões fechadas. O caso particular da *A-Bike* destaca-se, mas há que ter em consideração que esta se trata de uma bicicleta com rodas de dimensões muito reduzidas em relação a todas as outras e que ainda assim possui um sistema de fecho algo complexo. (35) Com dimensões comparáveis encontra-se também a *Brompton*, esta já uma bicicleta de tamanho semelhante às demais quando aberta. Mais uma vez, verifica-se a existência de um sistema de fecho complexo, envolvendo bastantes operações e consequentemente tempo e habilidades ao utilizador. (25) A bicicleta mais simples de converter, a *Strida*, necessita de apenas uma operação para o fazer, encontra-se entre as bicicletas de maior altura quando fechada, tal geometria tem a sua vantagem pela possibilidade de ser transportada como um *trolley*. (26)

Por fim a Moulton, tratando-se de uma bicicleta de quadro desmontável, permite que este se separe em duas partes e que alguns dos seus componentes sejam desagregados e acondicionados dentro de uma ou mais malas. (36) Esta é uma solução mais adequada para quem pretende transportar a bicicleta em viagens ocasionais longas, como por exemplo de avião.

Para finalizar, é relevante uma breve análise aos sistemas e componentes destas bicicletas.

No caso dos travões, várias recorrem a sistemas de calço seja na variação de Pinça ou *V-Brake*, soluções relativamente económicas, de fácil manutenção. No entanto são soluções que perdem mais facilmente alguma eficácia quando a zona de contacto do calço com a roda, entra em contacto com água, ao passar em poças ou charcos. As restantes, com exceção da *A-Bike*, dispõem de travões de disco com acionamento mecânico, este sistema, ainda que um pouco mais complexo e pesado, devido á localização mais alta da zona de contacto entre a pastilha de travagem e o disco, dificilmente é molhada como no caso dos sistemas de calço.

Existem também vários sistemas de transmissão adotados pelos diferentes modelos. Apenas dois modelos recorrem a sistemas com apenas uma relação de transmissão, a *B'twin tilt 100*, modelo base da gama *B'twin* e a *A-Bike*, todas as restantes, originalmente ou em opção extra, dispõem de sistemas com várias relações, sejam no interior do cubo da roda traseira, acionadas por desviadores, ou no caso da *Strida*, no interior do eixo pedaleiro.

O número de acessórios e possibilidades de personalização também variam bastante. As bicicletas com um nível mais básico tratam-se da *B'twin tilt 100* e a *A-Bike*, esta última apenas é comercializada com componentes na cor natural do alumínio e negro no caso dos polímeros, já a *B'twin tilt 100*, possui fixações específicas onde o seu proprietário poderá montar acessórios como guarda-lamas ou luzes. Pelo lado oposto, aquela que se destaca pela quantidade de opções disponíveis é a *Brompton*, que permite configurar no seu *website* um modelo personalizado, no qual o potencial cliente poderá escolher desde a cor, acessórios como guarda-lamas, bolsas ou luzes e até mesmo componentes como transmissão, guiador ou selim.

### 3. Desenvolvimento de projeto

#### 3.1. Requisitos do utilizador

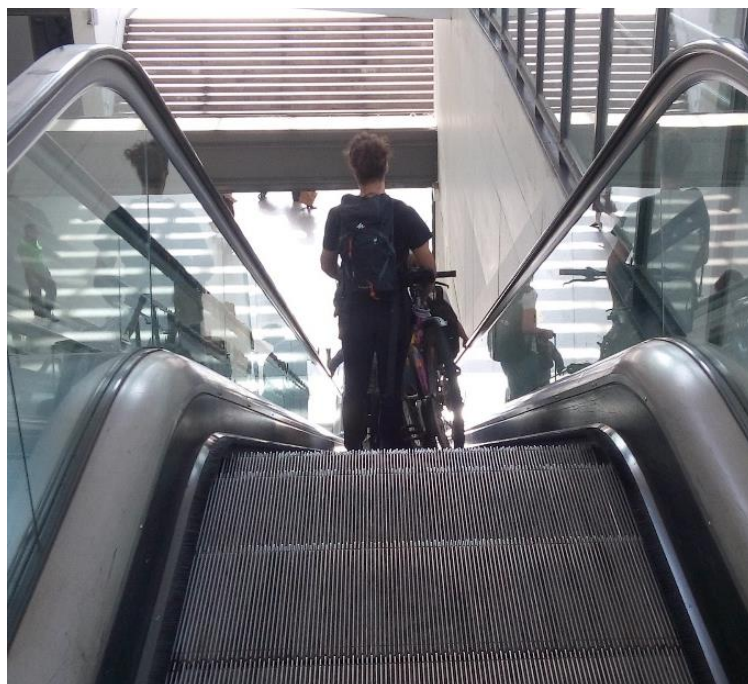
Durante o processo de desenvolvimento de um produto estimulado pelo mercado, um passo de elevada importância e complexidade é a identificação dos requisitos do potencial cliente. Para isso, é necessário conhecer as suas rotinas, necessidades, preferências e também reconhecer de que modo os produtos já existentes respondem a estas necessidades. A interpretação destes requisitos, permitirá moldar as especificações do futuro produto de modo a que este resulte num produto desejável e que se enquadre melhor na vida dos seus utilizadores.

Para a definição dos requisitos do produto projetado, para além da análise à oferta atual de bicicletas dobráveis, foi feita uma observação da utilização da bicicleta no quotidiano urbano e transportes públicos bem como uma experimentação de alguns dos modelos dobráveis mais comuns no mercado. Dependendo da extensividade da análise que se pretenda efetuar, este método pode-se tornar bastante moroso, no entanto, conduziu a resultados bastante concisos.

De seguida, são apresentadas algumas fotografias obtidas no decorrer deste processo e que são exemplos da análise efetuada.



*Figura 26 Bicicletas comuns transportadas numa carruagem da C.P.*



*Figura 27 Bicicleta numa escada rolante em estação de comboio.*



*Figura 28 Bicicleta saindo de um elevador.*



*Figura 29 Bicicletas parquedadas na rua, vandalizadas.*

Tal estudo, contribuiu para melhor perceber a interação entre o utilizador, a bicicleta e o meio envolvente. Numa primeira fase surgiram os requisitos apresentados:

**-Ergonómica:** As dimensões e morfologia da bicicleta devem ser adaptáveis à utilização por adultos de ambos os sexos.

**-Posição de condução agradável:** Existindo posições de condução mais adequadas à prática desportiva e outras mais vocacionadas para o lazer, a posição de condução da bicicleta deve favorecer mais o conforto em detrimento da performance.

**-Posição de condução que permita visualizar trânsito:** Para maior segurança, a bicicleta deverá permitir que o utilizador conduza numa posição o mais vertical possível de modo a que este seja capaz de visualizar facilmente o trânsito e antecipar o perigo em seu redor.

**-Adequada para roupa do dia-a-dia:** Nas deslocações do quotidiano, as pessoas não estão dispostas a vestir roupa específica à prática do ciclismo. Por isso, a bicicleta deve ser adaptada a roupa comum, não a sujando, danificando ou causando desconforto ao utilizador.

**-Fácil de pedalar:** Deslocar-se na bicicleta não deve implicar um esforço elevado, tal ajudará a minimizar a transpiração e cansaço do utilizador quando o seu objetivo é deslocar-se e não a prática de exercício físico.

**-Ágil:** A bicicleta deve ser otimizada para mudanças de velocidade e de direção rápidas.

**-Facilidade de Dobragem:** As operações para o fecho e abertura da bicicleta devem ser minimizadas e facilitadas.

**-Facilidade de Transporte Dobrada:** Devem existir locais para pegar na bicicleta e o seu peso deve ser minimizado.

**-Compacta:** Quando fechada, a bicicleta deve ter dimensões reduzidas.

**- Rodas e pneus adequados a cidade:** As rodas e pneus devem ter dimensões que permitam transpor pequenos obstáculos

**-Segura:** No geral, a bicicleta deve ser segura para o utilizador e demais utentes da via e transportes públicos.

**-Sistemas fiáveis:** Os diversos sistemas que compõem a bicicleta devem ser fiáveis e de longa durabilidade.

**-Fácil manutenção:** As operações de manutenção devem ser reduzidas e simplificadas, deve-se optar pela inclusão de componentes padronizados que possam ser facilmente substituídos.

**-Robusta:** A bicicleta deve ser resistente ao uso urbano diário bem como ao manuseio e transporte.

**-Componentes adequados ao ambiente urbano:** Os seus componentes devem ser adequados a uma utilização em pavimento, nas diversas condições climáticas.

**-Possibilidade de personalização:** Deve ser possível personalizar a bicicleta com acessórios específicos ou padronizados que ajudem a satisfazer as necessidades e preferências do utilizador.

**-Preço reduzido:** O produto final deve ter um custo suportável para o público-alvo.

Aquando da realização do modelo de Kano, alguns destes requisitos sofreram uma reformulação com o objetivo de agilizar a utilização de ferramentas empregues nas subseqüentes fases do projeto.

Para além dos requisitos mencionados, especificamente relacionados com o produto em desenvolvimento, existem outros que embora mais complexos de mensurar, devem ser tidos em conta durante todo o processo de design atual.

A sustentabilidade ambiental, para além de ser uma responsabilidade de todos, deve ser tida em especial atenção pelo designer uma vez que os produtos desenvolvidos, especialmente os que se destinam à produção massificada, têm um impacto no ambiente. Cabe ao designer projetar o produto de modo a que este impacto seja minimizado.

Também o aspeto estético do produto não deve ser descurado. Desde o momento da aquisição do produto, a estética tem um importante peso e causa de imediato uma noção de valor para o potencial comprador, causando um forte impulso para a sua decisão.

### 3.2. Modelo de Kano

O modelo de Kano foi desenvolvido na década de 80 do século passado pelo japonês Noriaki Kano, este modelo é uma ferramenta que permite classificar os requisitos do cliente conforme o nível de satisfação que cada uma origina. (37)

Os requisitos são classificados segundo três categorias:

**-Requisitos Obrigatórios:** Têm de estar presentes no produto, representam algo que os clientes se acostumaram a ver naquele tipo de produto, a sua presença não provoca mais satisfação, mas a sua ausência causa grande insatisfação.

**-Requisitos Unidimensionais:** A satisfação do cliente é diretamente proporcional à extensão da sua presença no produto.

**-Requisitos Atrativos:** São requisitos que o cliente não espera encontrar no produto. A sua ausência não provoca insatisfação, mas a sua presença provoca grande satisfação e pode mesmo cativar potenciais compradores

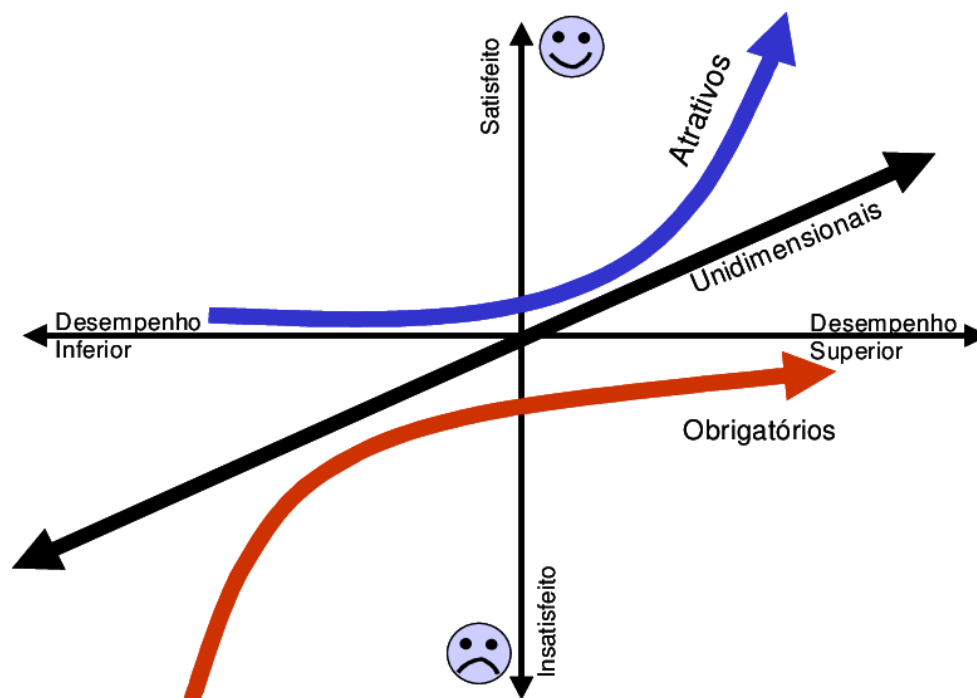


Figura 30 Representação gráfica da classificação dos requisitos segundo o modelo de Kano. (37)

Na tabela 1 é apresentada a classificação segundo o modelo de Kano, dos requisitos do cliente para este projeto:



Requisito	Classificação
<b>Confortável</b>	Obrigatório
<b>Adequada para roupa do dia-a-dia.</b>	Atrativo
<b>Posição de condução</b>	Unidimensional
<b>Pouco esforço para pedalar</b>	Unidimensional
<b>Ágil</b>	Unidimensional
<b>Fácil de dobrar</b>	Atrativo
<b>Fácil de transportar dobrada</b>	Atrativo
<b>Fácil Manutenção</b>	Unidimensional
<b>Compacta</b>	Atrativo
<b>Estável</b>	Obrigatório
<b>Componentes adequados ao uso urbano</b>	Obrigatório
<b>Robusta</b>	Obrigatório
<b>Desenho Unissexo</b>	Atrativo
<b>Preço</b>	Unidimensional

Tabela 1 Classificação dos requisitos segundo o modelo de Kano.

### 3.3. Especificações do produto

Após a classificação dos requisitos do cliente, surgem as especificações do produto.

Estas especificações classificam aspetos técnicos do produto que mais tarde poderão ajudar a cumprir com os requisitos do cliente.

Âmbito	Especificações	Unidade	Obs.
<b>Desempenho</b>	Número de velocidades	Número	Possibilidades de alterar a relação de transmissão
	Número de ações para dobrar	Número	Numero de ações, excluindo bloqueios de segurança, necessárias para compactar a bicicleta
	Local para pegar		Existência ou não de locais para erguer a bicicleta
	Material da estrutura		
<b>Dimensões</b>	Dimensões fechada	mm	Dimensões do cubo no qual a bicicleta pode ser circunscrita quando compactada
	Dimensões aberta	mm	Dimensões do cubo no qual a bicicleta pode ser circunscrita em condições de circulação
	Altura do selim	mm	Altura em relação ao solo
	Distância do selim ao guidador	mm	
	Altura do tubo superior do quadro	mm	Altura em relação ao solo
	Tamanho das rodas	in	Diâmetro do aro da roda.
	Peso	Kg	
<b>Imagem</b>	Possibilidades de personalização		Possibilidade de montagem de acessórios
	Design do quadro		

Tabela 2 Especificações do produto.

### 3.4. Matriz de conceito e produto (QFD)

Conhecida como “Quality Function Deployment” ou “Casa da Qualidade”, esta ferramenta é composta por um conjunto de matrizes e foi desenvolvida durante a década de 1970, pelos japoneses Shigeru Mizuno e Yoji Akao. (38)

Na realização deste projeto apenas serão empregues duas matrizes. Primeiramente a matriz da qualidade, onde será cruzada a voz do cliente, através das suas necessidades, com as especificações técnicas do produto. Tal permitirá definir quais os fatores mais importantes a ter em conta durante o desenvolvimento do projeto.

Após isto, a matriz do produto é executada, nesta serão relacionadas as especificações técnicas com os diversos componentes que constituirão a bicicleta. O resultado será uma hierarquia que define quais os componentes e sistemas merecedores de maiores recursos de desenvolvimento.

#### Atributos de Qualidade

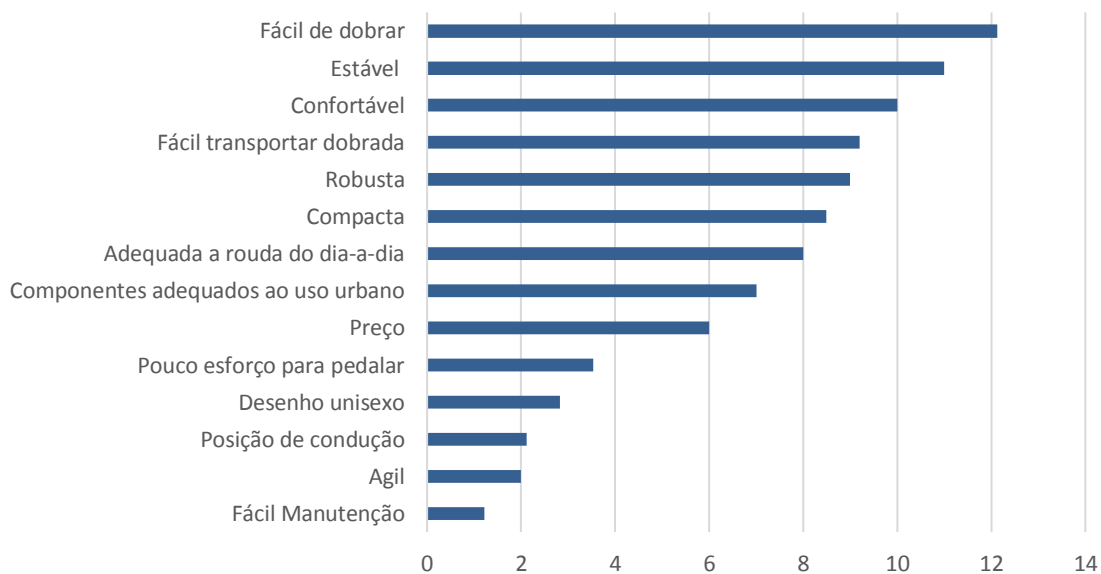


Figura 31 Gráfico com índice de atributos de qualidade após construção da matriz de conceito

Após análise aos atributos de qualidade, pode-se verificar que os requisitos classificados como obrigatórios segundo o modelo de Kano (confortável, estável, componentes adequados ao uso urbano e robusta) se destacam na sua priorização. Tal seria espectável uma vez que se tratam de requisitos essenciais para a usabilidade do produto. No entanto existem outros atributos de relevo, estes serão os atributos que irão distinguir a bicicleta das demais existentes no mercado e

atrair potenciais clientes. Destes, destacam-se a facilidade de dobrar, a facilidade de transportar dobrada, a compacidade e adequação a roupa do dia-a-dia.

### Características de Qualidade Revistas

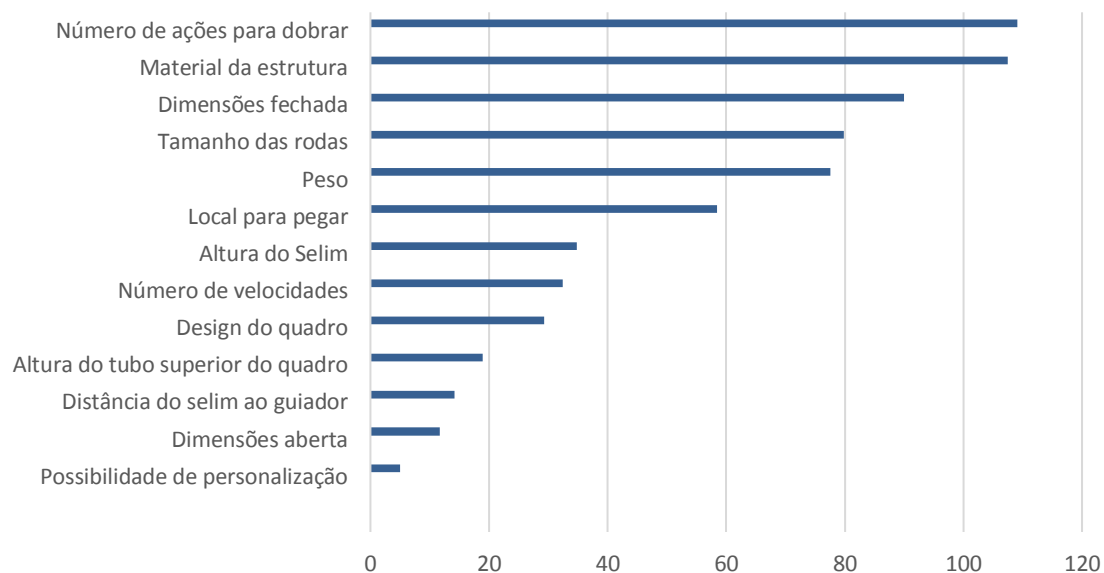


Figura 32 Gráfico com índice de características de qualidade revistas após construção da matriz de conceito

As características de qualidade do produto, sendo características técnicas do produto e relacionando-se diretamente com os requisitos do cliente, tentam responder às necessidades deste.

Para que tal seja feito com sucesso, durante a fase de projeto, deverá ter-se especial atenção a características como o número de ações para dobrar a bicicleta, às suas dimensões quando compactada ou ao seu peso, entre outras hierarquizadas no gráfico.

### Priorização do desenvolvimento de componentes

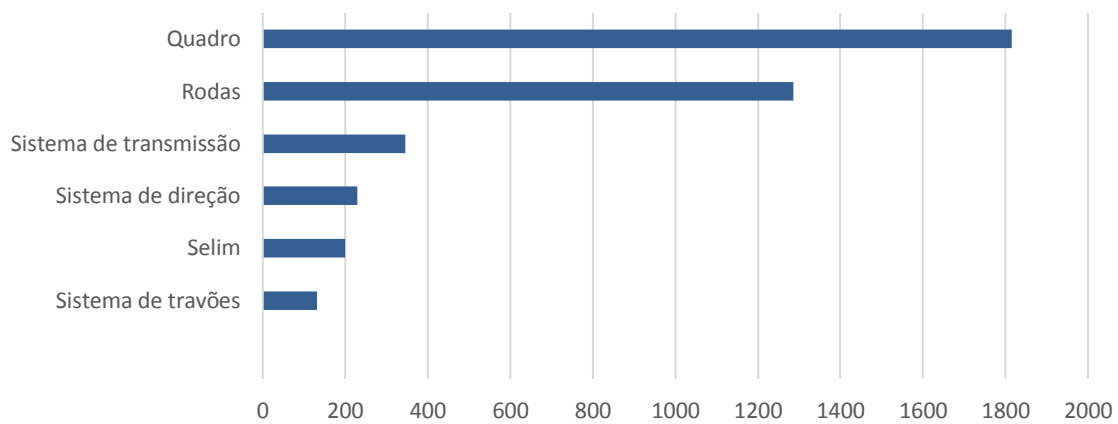


Figura 33 Priorização do desenvolvimento de componentes.

A matriz de qualidade do produto, depois de relacionar as características de qualidade do produto, especifica quais os componentes ou sistemas concretos que constituem a bicicleta que deverão ser alvo de maior investimento durante o processo de design. Dentre estes destaca-se como seria espectável, o quadro, mas também o dimensionamento das rodas deverá ser alvo de especial atenção. As rodas, são componentes com uma grande influência em diversas características da bicicleta, como a segurança, conforto ou as dimensões gerais da bicicleta.

## 4. Desenvolvimento conceptual

### 4.1. Conceito inicial

Definidos e priorizados os requisitos do cliente e as especificações do produto, é o momento de delinear os primeiros conceitos.

Após diversos estudos chegou-se ao primeiro conceito, uma bicicleta com mecanismo de dobragem vertical. Durante a operação de fecho, as rodas mantêm o contacto com o solo, sendo que o utilizador não necessita de suportar todo o peso da bicicleta. Quando dobrada, as suas rodas ficam paralelas minimizando assim as suas dimensões. Tal implicaria que em condições de circulação as rodas não fossem colineares.

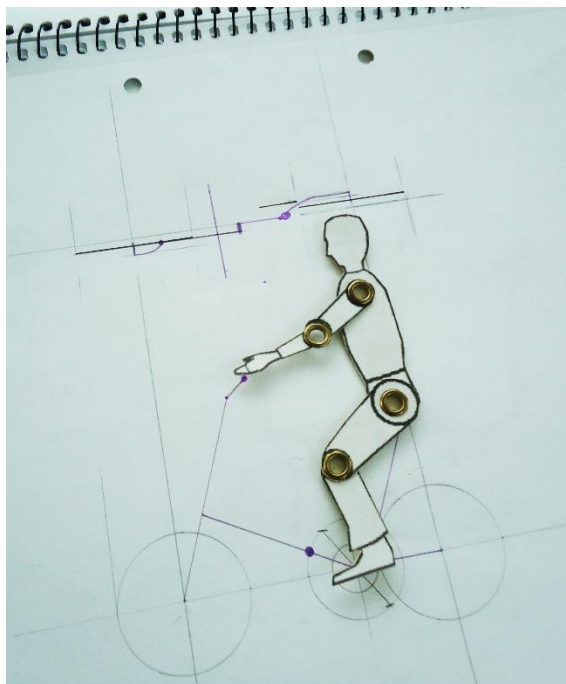


Figura 34 Primeiros esboços de conceito.

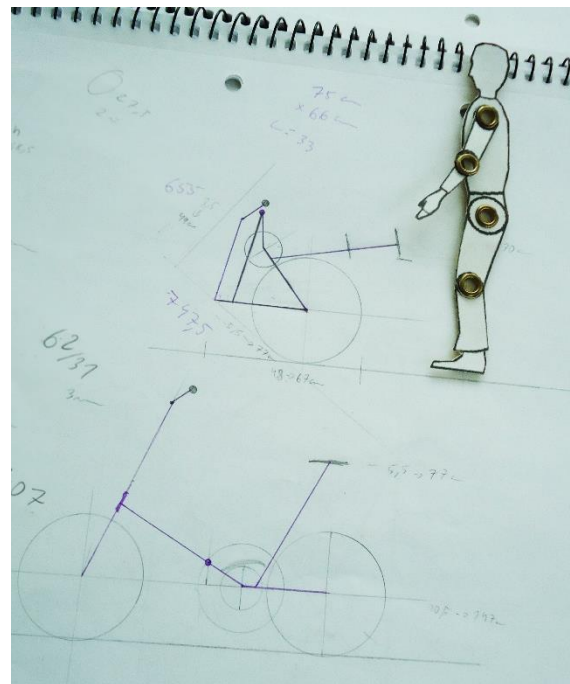


Figura 35 Esboço do primeiro conceito.

Para validar esta possibilidade foram realizados testes, recorrendo a uma bicicleta dobrável com alterações para circular com as rodas não colineares, simulando as características presentes no conceito.



Figura 36 Bicicleta dobrável com as rodas não colineares.



Figura 37 Alteração no mecanismo de dobragem.

Verificou-se que apesar desta alteração, continuou a ser possível conduzir a bicicleta. Esta, manteve o seu comportamento, quer circulando em linha reta como em curva. Tais factos implicam que não seria necessária nenhuma aprendizagem nem modificação do comportamento do utilizador, para conduzir uma bicicleta baseada no conceito proposto. Nota apenas pequenas diferenças na direção, que se tornou um pouco mais pesada ao virar numa das direções tal comportamento é originado pelo incorreto ângulo do tubo frontal, originado pela modificação na bicicleta existente.

## 4.2. FMEA de conceito

O FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*, significa em Português, análise do modo de falhas, seus efeitos e criticidade.

Stamatis, subdivide esta ferramenta em três tipos principais: *FMEA* de sistema, de produto e de processo.

“FMEA de sistema (ou conceito) é utilizado para avaliar as falhas em sistemas nos estágios iniciais de conceituação e projeto. Enfoca as falhas do sistema em relação às suas funcionalidades e no atendimento das expectativas dos clientes, ou seja, está diretamente ligado à percepção do cliente em relação ao sistema.” (38)

Nesta fase o FMEA irá, portanto, identificar e classificar as principais falhas do conceito em relação aquilo que foi definido pelos requisitos do cliente, evitando assim a deteção destas falhas numa fase posterior onde implicaria um maior revés do projeto.

O FMEA permite ainda explorar diversas soluções (ações preventivas) para as falhas identificadas.

O FMEA classifica os diversos tipos de falha em três termos críticos:

**-Falha Menor:** Não afeta o rendimento do produto; não coloca o utilizador em risco; podem não ser tomadas medidas corretivas.

**-Falha Maior:** Afeta o rendimento do produto; não afeta a segurança do utilizador; devem ser tomadas medidas corretivas.

**-Falha Crítica:** Afeta gravemente o rendimento do produto; afeta a segurança do utilizador; devem ser tomadas medidas corretivas com urgência.

#### 4.3. Revisão de conceito

Após a análise do FMEA, destacam-se três itens identificados como falhas críticas.

O primeiro item, relaciona a morfologia do quadro da bicicleta com a aparência geral da bicicleta. Apesar de comprovado que o desempenho e modo de condução da bicicleta não são afetados pelo facto de as rodas não serem colineares, tal característica, em conjugação com os demais componentes adaptados, correria grande risco de causar no potencial cliente, uma sensação de instabilidade ou falta de agilidade do modelo. A consequência de optar por esta solução seria uma possível perda de clientes.

As segunda e terceira falhas identificadas, relacionam-se com a robustez da estrutura da bicicleta.

Para evitar deformações excessivas ou danos na estrutura resultantes da circulação da bicicleta e dada a singularidade do mecanismo a desenvolver, resolveu-se testar posteriormente a resistência da estrutura principal e do mecanismo em ambiente virtual.

A terceira falha crítica identificada diz respeito à robustez da bicicleta enquanto fechada. Uma das principais mais-valias desta bicicleta é o facto de poder ser utilizada em conjugação com outros tipos de transporte, para facilitar tal aplicação ela pode ser transportada em forma compactada. Durante este tipo de transporte em variados veículos, a estrutura da bicicleta pode sofrer inúmeros tipos de agressões e impactos impossíveis de prever durante o processo de design e em testes de protótipos, é, portanto, importante que a estrutura seja construída



recorrendo a materiais isotrópicos, que sejam igualmente robustos independentemente da direção em que se faz sentir a agressão.

Solucionadas estas e outras potenciais falhas detetadas no FMEA de conceito, procedeu-se às modificações necessárias que guiaram à proposta de conceito final.

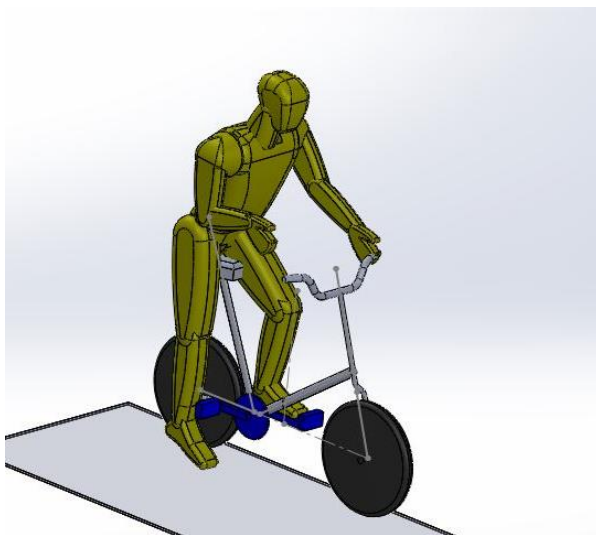


Figura 38 Modelação rudimentar de conceito e modelo humano.

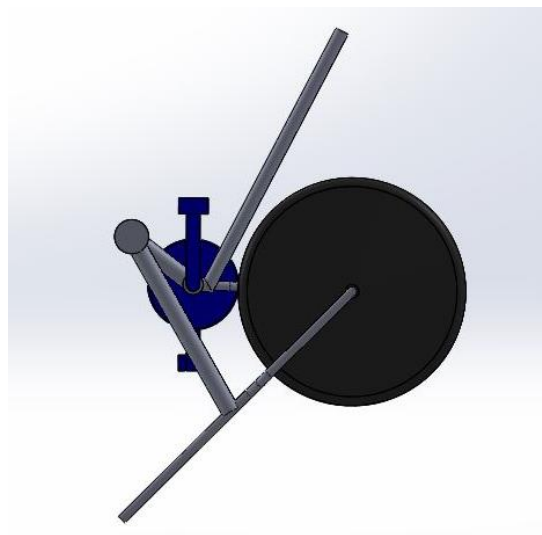


Figura 39 Modelação rudimentar de conceito dobrado.

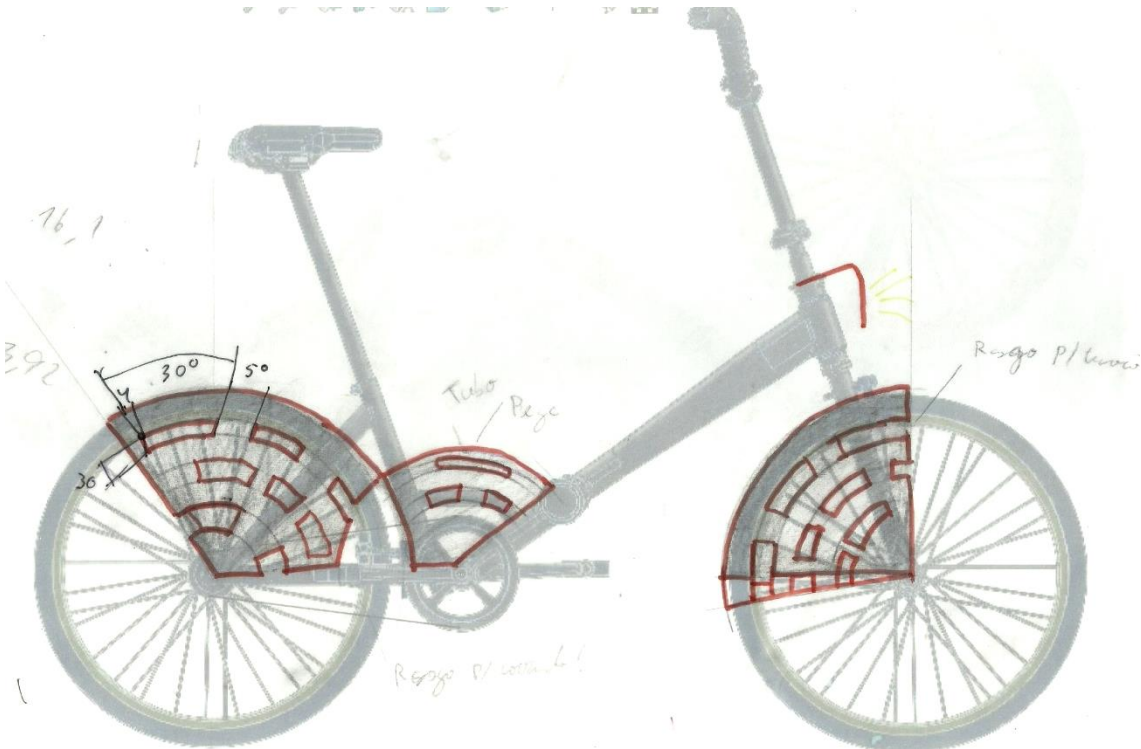


Figura 40 Esboço guarda-lamas e bolsa sobre modelação C.A.D.

## 5. Concretização

### 5.1. FMEA de Produto

O FMEA de produto tem como objetivo identificar potenciais falhas no produto em si. Aborda as falhas no projeto em relação aos objetivos que este se propõe a cumprir e prioriza as respectivas ações de melhoria.

Nesta fase do projeto, iniciou-se a modelação e dimensionamento da bicicleta no *software* de CAD *Solidworks*, com todo o detalhe necessário para a sua construção. Mais uma vez, o FMEA revelou-se uma ferramenta de elevada importância.

O FMEA de produto, utilizado em paralelo com todo o processo de modelação CAD, permitiu identificar e classificar diversas falhas críticas no design da bicicleta. Posteriormente, estas falhas foram solucionadas, prevenindo problemas que apenas seriam detetadas em fases futuras do projeto, onde implicariam maiores prejuízos.

Entre falhas relacionadas com a robustez estrutural, destaca-se a alteração da pega central do quadro, o CAD, em conjunto com o FMEA permitiu a criação de um conjunto de pegas que comportam uma bolsa de arrumação e oferecem um reforço mais eficiente quando comparado com a solução inicial.

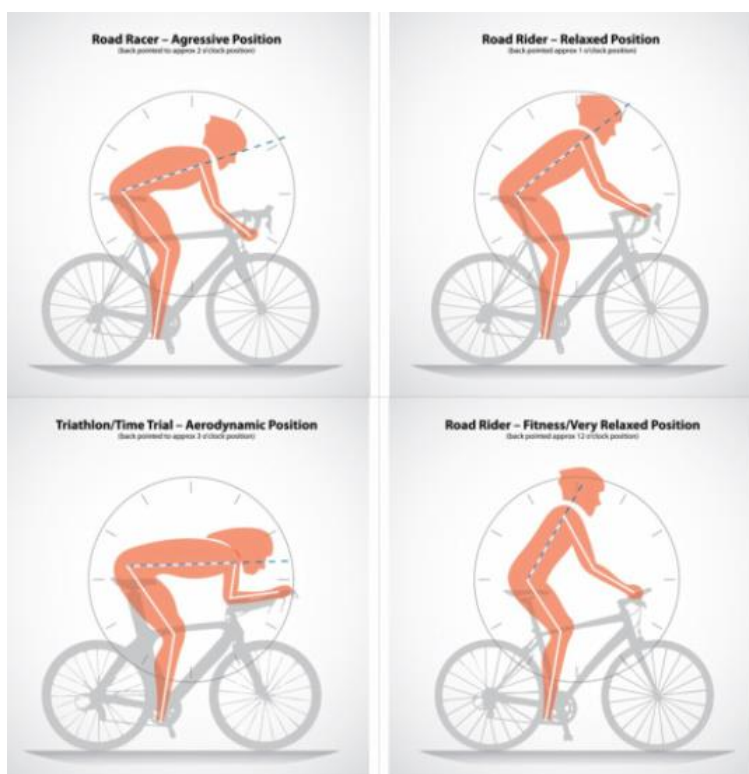
Foi detetada também uma falha crítica relacionada com a montagem da bicicleta, seria necessária uma alteração que permitisse a instalação de uma transmissão por correia.

### 5.2. Estudo ergonómico

De um modo sucinto, pode-se considerar que a ergonomia é a ciência que estuda as interações entre seres humanos e os artigos que o rodeiam. Contribui para uma otimização do bem-estar na medida em que adapta as dimensões, morfologia e o modo como utilizamos esses produtos à própria morfologia humana.

No caso bicicleta, tratando-se de um veículo movido pela força humana, é de especial importância que esta esteja adaptada ao seu utilizador, caso contrário este poderá sofrer desconforto ou mesmo lesões músculo-esqueléticas.

Dependendo da utilização para que a bicicleta é concebida, o ciclista pode assumir várias posturas.



*Figura 41 Relação entre a postura do ciclista e a utilização da bicicleta. (39)*

Em casos de bicicletas desportivas, a posição de condução deverá beneficiar mais fatores como a eficiência da pedalada ou a aerodinâmica do conjunto bicicleta e ciclista. No entanto, esta posição mais inclinada não permite uma boa visualização da envolvente e exige uma boa preparação física, caso contrário poderá resultar num maior cansaço nas zonas lombar e cervical.

No caso da bicicleta em desenvolvimento, a posição de condução adotada, deverá ser mais vertical, permitindo uma utilização mais descontraída, beneficiando o conforto e a visualização da envolvente, um fator de extrema importância quando em ambiente urbano. A principal desvantagem desta posição é a fraca eficiência aerodinâmica originada pela parte frontal

do indivíduo, no entanto, tratando-se de uma bicicleta dedicada à circulação a baixa velocidade, tal não constitui um problema.

De modo a cumprir com esta postura e garantir a proporcionalidade geral das formas, foi utilizada uma figura humana articulada desde as fases iniciais de geração do conceito da bicicleta.

Na fase de modelação e dimensionamento da bicicleta, foi necessário definir de que modo esta se iria adaptar às diversas morfologias dos eventuais utilizadores. Para isso definiu-se que o selim deverá ser passível de ajuste em altura enquanto que o guiador é por predefinição sobrelevado, podendo ser ajustada a sua inclinação ou mesmo facilmente intermutável por outro de dimensões ao gosto do utilizador.

Segundo Pequini a altura do selim “Hs” é dependente da dimensão de entrepernas “E” do ciclista e é dada pela seguinte expressão: (40)

$$Hs = 0.885 \times E$$

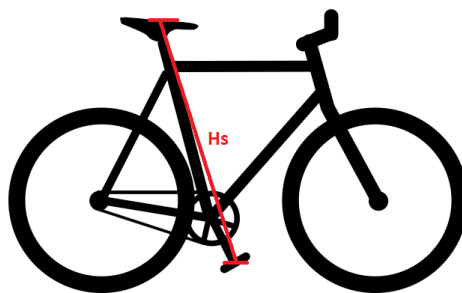
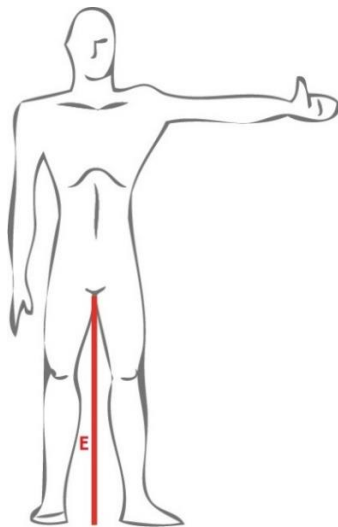


Figura 42 Medição de entrepernas. (41)      Figura 43 Medição da altura do selim.

Acrescentando ainda que a esta altura, deverão ser retirados entre 1 a 2[cm] caso seja frequente a subida e descida da bicicleta. Dada a utilização urbana da bicicleta em desenvolvimento, tal particularidade deve ser tida em conta.

Sendo possível variar a altura do selim da bicicleta em desenvolvimento, entre os 59 e 83[cm] e analisando a tabela 2, pode-se concluir que esta se adequa a 95% da população de ambos os sexos.

Percentis	Medida de entrepernas [cm]	
	Feminino	Masculino
2.5	68.8	75.2
50	75.2	82.5
97.5	82	89.7

Tabela 3 Medida de entrepernas para diferentes percentis (40)

Uma outra dimensão a considerar no dimensionamento de uma bicicleta, dada a extrema importância na dinâmica do pedalar, é o comprimento dos cranques.

Segundo Pequini “Geralmente se utilizam pedivelas (cranques) de 17cm, já que um comprimento maior pode chegar a produzir dores articulares, e, sobretudo, não permite um pedalar suave.” (40)

Trata-se, portanto, de um componente de dimensões padronizadas, tal como os restantes elementos do sistema de transmissão.

Concluído o estudo ergonómico relativo à circulação na bicicleta, importa ainda estudar a interação do utilizador com a bicicleta fechada e com o ato de a fechar.

Um dos objetivos iniciais é que a bicicleta permita ser facilmente transportada quando fechada. Para tal efeito podem ser utilizadas uma das pegas no quadro, formadas pelos orifícios das bolsas ou caso o utilizador pretenda apenas empurrar a bicicleta apoiada pelas rodas, esta foi projetada de maneira a poder ser segura pelo selim como demonstra a figura.

Relativamente à ação de fechar a bicicleta, os dois reforços no quadro, têm uma segunda função como pegas. Após desbloqueada a porca de segurança e aplicando um movimento vertical nas referidas pegas, ocorre o fecho da bicicleta sem que o utilizador tenha de suportar toda a massa desta.

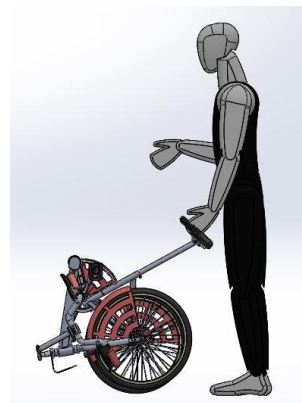


Figura 44 Estudo do transporte segurando no selim.

### 5.3. Mecanismo de dobragem

A solução para a dobragem do quadro passou por desenvolver um mecanismo que associa o movimento de rotação presente no conceito inicial, a um movimento de translação lateral, que permite que as rodas deixem de ser colineares apenas quando a bicicleta se encontra fechada.

Para o desenvolvimento do mecanismo de dobragem mais complexo, foi essencial desenvolver um modelo virtual do conceito da bicicleta no *software* de C.A.D. *Solidworks*. Esta modelação rudimentar consistiu em definir os contornos e dimensões dos componentes mais relevantes, bem como a geometria geral do quadro, tal permitiu validar a amplitude dos movimentos do quadro, bem como assegurar que o mecanismo em desenvolvimento seria uma solução plausível.

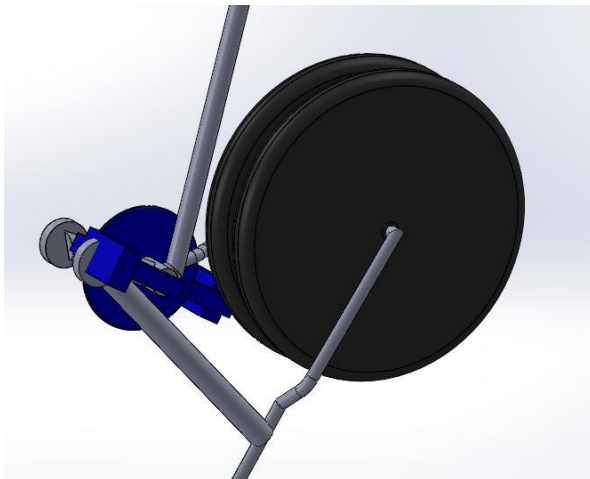


Figura 45 Estudo da amplitude de movimentos.

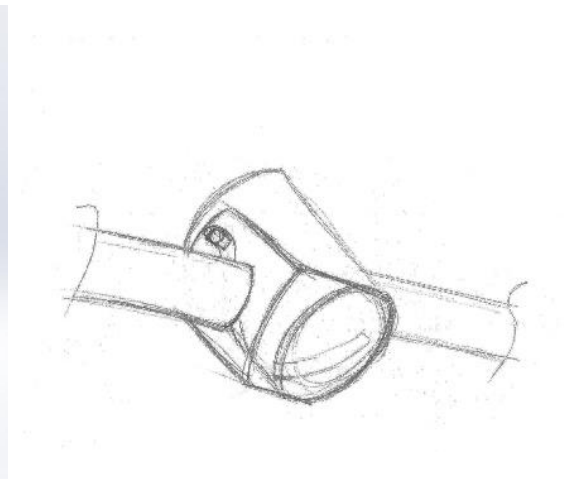


Figura 46 Esboço do mecanismo.

Verificada a validade do mecanismo de dobragem do quadro e obtidas algumas dimensões como o ângulo de rotação e distância de translação do quadro foi possível, com o auxílio de esquemas e *mock-ups*, chegar a uma solução próxima da final.

Foi ainda desenvolvido nesta fase, o sistema que permite bloquear o mecanismo em posição aberta com segurança.

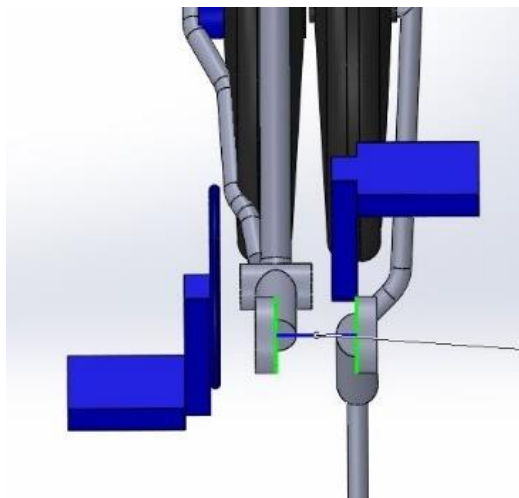


Figura 47 Obtenção de dimensões para realização do mecanismo.



Figura 48 Mock-up do mecanismo.

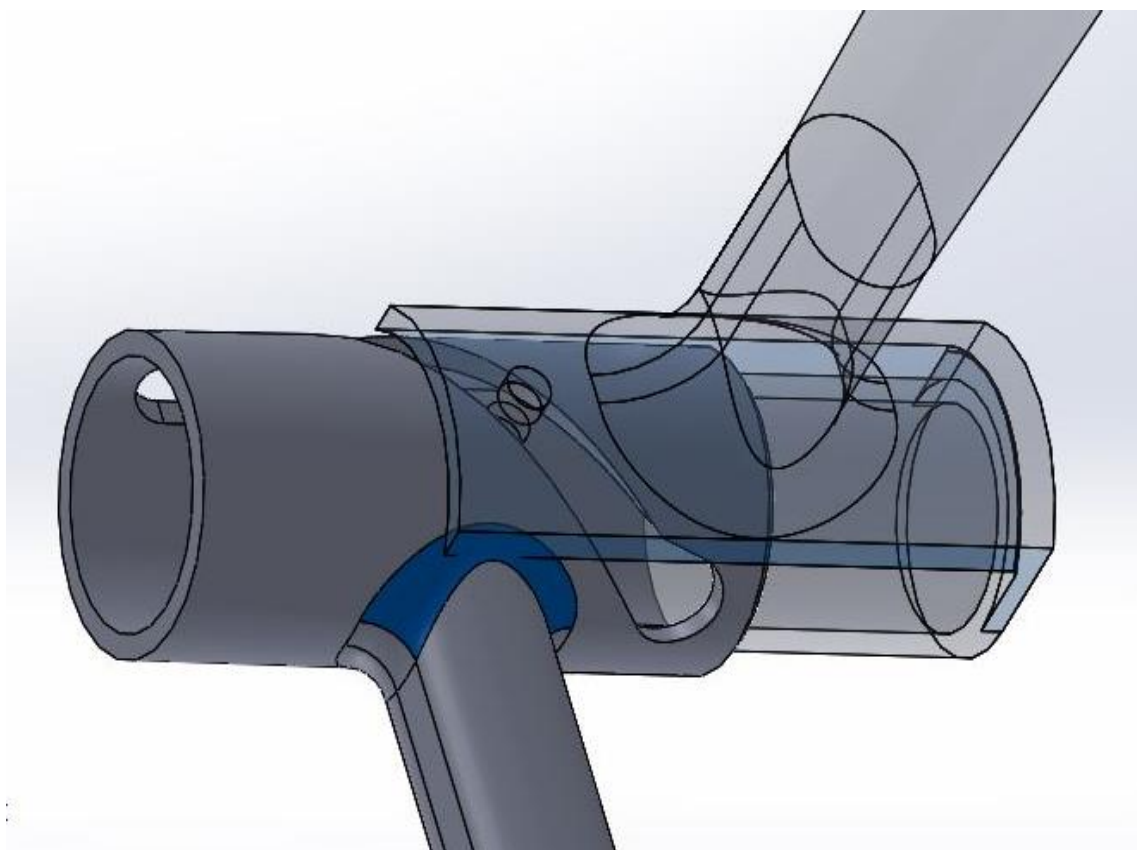


Figura 49 Análise ao movimento do mecanismo.

## 6. Projeto de Detalhe

### 6.1. Seleção de componentes.

Para além dos componentes projetados de raiz, existem muitos outros que podem ser adquiridos a terceiros, prontos a aplicar. Sendo estes padronizados, importa respeitar os seus requisitos dimensionais e funcionais aquando do design do produto, de modo a que haja uma simbiose entre os componentes padronizados e o produto final.

Ao nível de projeto, a integração de componentes padronizados no produto agiliza o processo de desenvolvimento do novo produto, poupando tempo que seria investido nos referidos componentes, tempo esse que pode ser aplicado no design dos demais componentes que definem a singularidade do novo produto.

Para o utilizador existem também diversas vantagens ao adquirir um produto dotado de componentes padronizados. As operações de manutenção, substituição de consumíveis ou peças danificadas são agilizadas, uma vez que a maioria dos estabelecimentos da especialidade possuem qualificação e stock para resolver rapidamente este tipo de situações. É também possível que o utilizador substitua componentes padronizados como por exemplo o guiador, selim ou pneus por outros da sua preferência.

Na bicicleta em desenvolvimento, foram aplicados componentes de gamas médias. Estes são perfeitamente adequados para uma utilização urbana diária ou em momentos de lazer, sendo também mais económicos quando comparados com outros de gamas altas, vocacionados para a prática desportiva ou dotados de materiais mais faustosos. Deste modo, a bicicleta poderá ser comercializada com um preço mais atrativo para o seu público-alvo.

De seguida serão apresentados os componentes padronizados aplicados na bicicleta em desenvolvimento bem como algumas das suas características principais.



**Caixa de direção:**

Sistema de articulação da direção convencional com medidas padrão. Peso estimado do conjunto de 150gr. (42)



*Figura 50 Caixa de direção. (42)*

**Pedais:**

Par de pedais específicos para bicicletas dobráveis, com refletores, e que podem ser rebatidos rapidamente sem recurso a ferramentas, uma característica útil pois permite diminuir a largura da bicicleta quando compactada. São fabricados em alumínio e policloreto de vinil (PVC). O peso estimado do par é de 600gr. (43)



*Figura 51 Pedal. (43)*

**Movimento pedaleiro:**

Kit de movimento pedaleiro de medidas e sistema de fixação dos cranques tipo quadra, padronizados. Este conjunto está equipado com rolamentos selados, que não necessitam de afinação e mais resistentes quando comparados com os tradicionais. O peso estimado do componente é de 400gr. (44)



*Figura 52 Movimento pedaleiro. (44)*

### Sistema de travões:

Travões do tipo *caliper* adequados para utilização geral em estrada, um sistema bastante robusto e leve, fabricados em alumínio com um peso total do conjunto de 325gr, incluindo os calços. (45) Podem perder temporariamente alguma eficácia caso as superfícies de travagem forem molhadas, por exemplo em condições de chuva muito intensa ou caso as rodas passem em charcos relativamente profundos, algo pouco comum na utilização prevista.



*Figura 53 Conjunto de travões e calços. (45)*

As manetes são também padrão, construídas integralmente em alumínio, com um peso estimado de 192gr. (46)



*Figura 54 Par de manetes de travão. (46)*

### Pneus:

Pneus otimizados para uso citadino, de medidas 20"x1.50, norma ETRTO 406-40, com resistência adequada para o uso em bicicletas para adultos. O peso de cada pneu é de 480gr. (47)



*Figura 55 Pormenor do pneu. (47)*

### Punhos:

Punhos "*Silicone Ultra Light*" com um peso por par de apenas 35gr. Para além do peso apresentam outras vantagens como uma melhor absorção dos impactos causados pelas irregularidades do piso e moldam-se às



mãos do ciclista, isto resulta numa melhor aderência mesmo quando húmidos. (48)

#### **Rodas:**

As rodas são padrão, norma ETRTO 406-21C, com aro em alumínio e cubos e raios em aço. Com um peso estimado de 730gr cada. (49)

*Figura 56 Par de punhos. (48)*



*Figura 57 Roda frontal (49)*

#### **Selim:**

Selim “Selle Italia Net”, um selim com estofo em rede e espuma de acetato-vinilo de etileno (EVA), com estrutura em polipropileno (PP). Tem como vantagens o baixo peso, 360gr, a resistência a rasgões e ser impermeável. Ideal para uso urbano sob todas as condições atmosféricas. (50)



*Figura 58 Selim. (50)*

#### **Correia:**

Para a transmissão deverá ser usada uma correia transmissão por fricção em borracha. As dimensões da mesma são padronizadas e a sua constituição dependente do fabricante.



*Figura 59 Pormenor da correia de transmissão. (51)*

**Descanso:**

Existe ainda a possibilidade de montar um descanso padrão. Caso o utilizador assim deseje, este poderá ser montado junto ao travão traseiro, no orifício disponível.



*Figura 60 Descanso padrão. (52)*

## **6.2. Materiais e processos de fabrico.**

**Quadro:**

O material utilizado para a construção do quadro da bicicleta será uma liga de alumínio, mais concretamente a liga 7075-T6, uma liga sujeita a tratamentos térmicos de têmpera e envelhecimento, que alia alta resistência (tensão de limite elástico de 505MPa) e baixa densidade (2810 Kg/m<sup>3</sup>).



*Figura 61 Quadro e forqueta.*

Devido a estas características, esta liga é de comum aplicação em meios de transporte onde a leveza e alta resistência são necessárias. Desde quadros de bicicleta, aeronaves e até mesmo armamento militar. (53)

Este material, pode ser adquirido sob a forma de tubo com dimensões padronizadas e posteriormente cortados e ligados entre si.

A ligação entre as diversas peças constituintes do quadro, deverá ser soldada. A soldadura trata-se de um processo de ligação permanente, caracterizada pela continuidade estrutural dos materiais a ligar. Neste caso específico deverá recorrer-se a soldadura TIG (*Tungsten Inert Gas*), este é um processo por arco elétrico, formado entre um elétrodo em tungsténio não consumível e as peças a soldar.



Figura 62 Soldadura T.I.G. (54)

Este arco forma-se dentro de uma atmosfera de gás inerte árgon, fornecido pela própria tocha de soldadura. O material de adição é introduzido durante o processo, sob a forma de uma vareta, formando um cordão de soldadura. (55)

No caso particular dos dois tubos frontais do quadro, é necessário recorrer a outro processo, antes da sua ligação aos demais componentes do quadro.

Para obter a sua forma final, estes dois tubos poderão ser sujeitos a um processo de hidroformação ou de conformação metálica. No processo de hidroformação, os tubos são introduzidos num molde com a morfologia final da peça, no interior do tubo é colocada uma bexiga pressurizada com óleo ou água, que obriga o tubo a expandir e conformar-se à morfologia do molde. Relativamente ao processo de conformação metálica, os tubos são processados por uma prensa mecânica, sendo comprimidos no interior de matrizes até se obterem as formas finais.

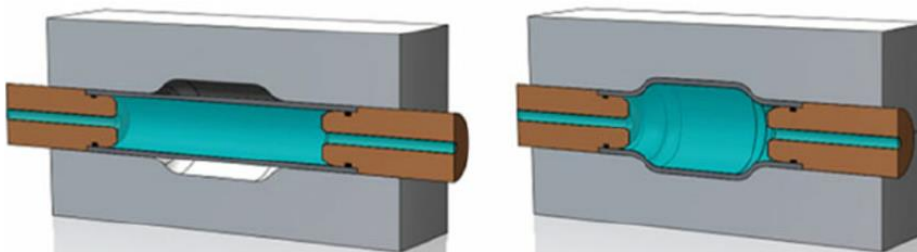


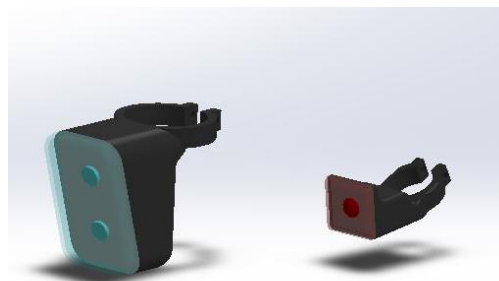
Figura 63 Representação esquemática do processo de hidroformação. (56)

A preferência por cada um destes processos está diretamente relacionada com tamanho da série que se pretende produzir. Caso se pretenda produzir uma pequena série, o processo de conformação metálica será o mais viável economicamente. Quando o volume e cadência de produção atingem valores mais elevados, o processo de hidroformação torna-se mais eficiente e económico.

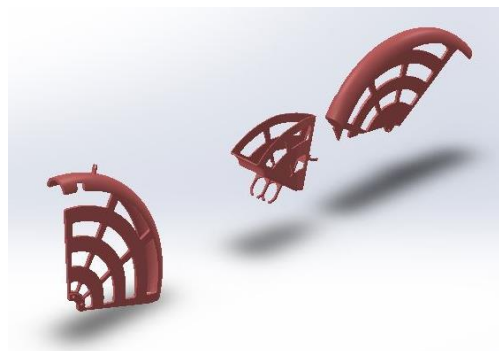
A articulação do quadro possui uma geometria complexa e para o seu bom funcionamento, é necessária uma tolerância dimensional mais apertada. Para tal, após a construção geral da mesma, é essencial uma correção morfológica e dimensional recorrendo a processos de maquinação.

#### **Acessórios:**

Para o fabrico dos guarda-lamas, da bolsa e o conjunto de luzes (à exceção das transparências) deverá ser utilizado o Polipropileno (PP). Este material trata-se de um polímero termoplástico de baixo custo, fácil processamento e baixa densidade ( $890\text{kg/m}^3$ ). Devido à sua resistência ao impacto e fadiga, é amplamente utilizado em produtos como mobiliário de exterior ou na indústria automóvel, sendo, portanto, ideal para os componentes em questão, que poderão ser sujeitos aos mais variados impactos durante a sua vida útil. (57)



*Figura 64 Kit de Luzes.*



*Figura 65 Conjunto de acessórios.*

Quanto ao processo de fabrico, estes componentes deverão ser fabricados por injeção em molde. Durante este processo, o polímero previamente aquecido até um estado fluido, é injetado num molde, preenchendo-o e adquirindo a sua forma após uma descida da sua temperatura. Este processo permite um fabrico económico de elevada cadência destes componentes.

No caso particular do conjunto de iluminação, as suas partes transparentes deverão ser fabricadas em acrílico e no seu interior, deverão ser equipadas com luzes LED alimentadas por uma bateria recarregável.

**Cranques:**

Os cranques, serão construídos utilizando o mesmo material do quadro, a liga de alumínio 7075-T6.

O seu processo de fabrico será o forjamento para obter a forma geral, seguindo-se de maquinação para definir roscas e demais locais de montagem, onde a precisão dimensional deve ser superior



*Figura 66 Cranque.*

## 7. Análise por elementos finitos

A análise estática por elementos finitos, trata-se de uma ferramenta que permite simular virtualmente os efeitos da aplicação de forças em modelos de estruturas. Trata-se, portanto, de uma ferramenta muito útil para o projeto de quadros e outros componentes de bicicletas, sujeitos a esforços relativamente elevados.

### 7.1. Identificação das cargas a considerar.

Para a realização da simulação em causa é necessário, em primeiro lugar definir quais as forças a aplicar na estrutura da bicicleta, de modo a simular situações extremas de uso. Estas forças variam em função da massa do utilizador, para tal, foi considerado o caso de um utilizador com uma massa corporal de 100kg, uma vez que se trata do limite máximo da maioria que as bicicletas dobráveis presentes no mercado atual suportam.

Aplicando um fator de segurança de 1.5, obtém-se um peso máximo de 150kg.

As forças resultantes desta distribuição de massa, foram obtidas através da lei:

$$F = m \times g$$

Onde “F” representa a força resultante, “m” a massa aplicada e “g”, a aceleração da gravidade, neste caso considerada 9.8m/s<sup>2</sup>.

### 7.2. Aplicação das condições no *software* de simulação.

Para a realização desta simulação, recorreu-se ao *software Solidworks* e ao seu módulo de simulação estática.

Em primeiro lugar, foi necessário definir apoios capazes de replicar as condições desta estrutura, apoiada nos restantes componentes da bicicleta não representados. Como tal, foi criado um apoio rotativo no quadro, onde seria aparafusada a roda traseira e um apoio deslizante para permitir que este se deforme tal como se estivesse apoiado na forqueta.

De seguida, são criadas as forças, que simulam a ação do utilizador. Para melhor simular casos extremos de utilização, foram criadas duas situações com pontos de aplicação de força



iguais, mas com intensidades distintas, discriminadas nas tabelas 3 e 4 para a primeira e segunda situação, respetivamente.

Nos dois casos, foram aplicadas forças no local de fixação do espigão do selim, num ponto externo onde seria a localização de um dos pedais da bicicleta, simulando assim a assimetria criada pela força do pedalar, num ponto externo onde seria a localização do guiador e no local de instalação do movimento pedaleiro, simulando a reação do quadro à força de tensão da correia.

<b>1ª Situação</b>		
<b>Localização da força</b>	<b>Percentagem da massa</b>	<b>Força [N]</b>
Selim	100%	1470
Guiador	35%	528
Pedal	50%	735
Movimento	-	1000

*Tabela 4 Forças e locais de aplicação para a primeira situação*

<b>2ª Situação</b>		
<b>Localização da força</b>	<b>Percentagem da massa</b>	<b>Força [N]</b>
Selim	50%	735
Guiador	35%	528
Pedal	100%	1470
Movimento	-	1000

*Tabela 5 Forças e locais de aplicação para a segunda situação.*

Na figura seguinte podem ser observadas as localizações em relação à estrutura de cada uma das forças aplicadas (a roxo) bem como as localizações dos apoios da estrutura (a verde).

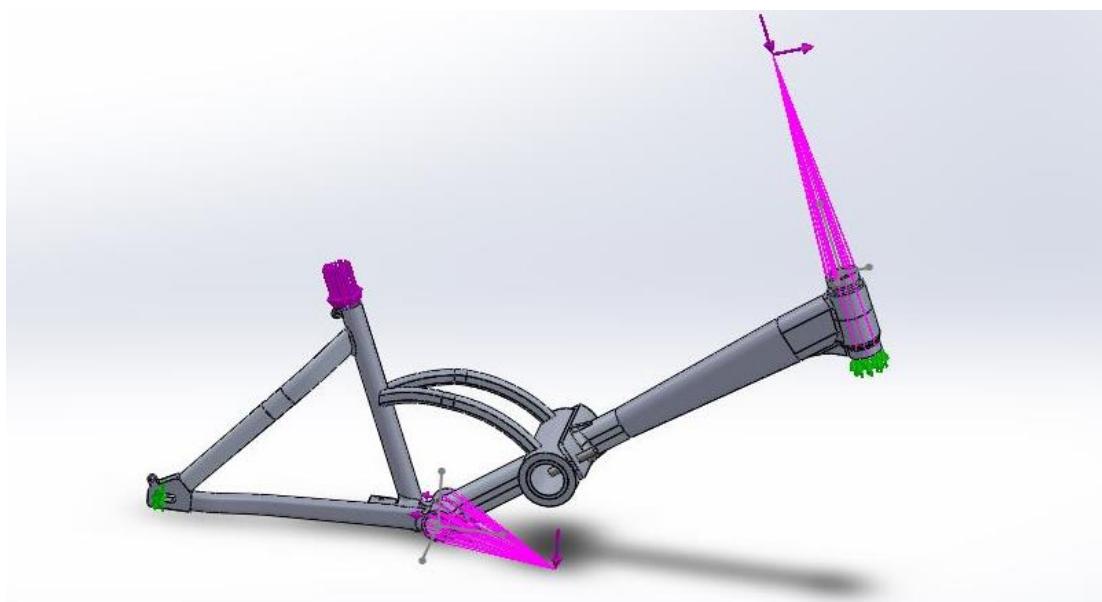


Figura 67 Simulação das forças no software.

Por último, foi criada uma *mesh*, ou malha em português, que subdivide o modelo de teste em elementos finitos. Para uma correta computação dos esforços a que o quadro está sujeito, os elementos desta malha devem ter um comprimento adequado em relação ao modelo que se está a testar.

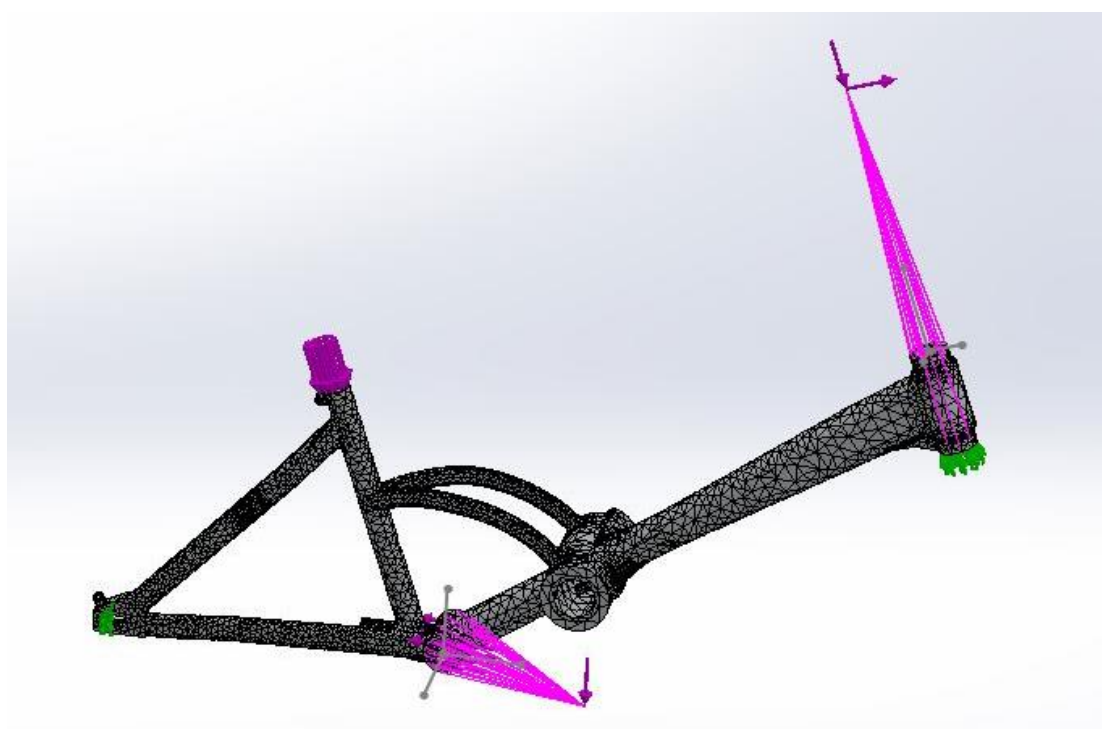


Figura 68 Malha de elementos finitos.

### 7.3. Análise de resultados.

Numa etapa inicial do projeto, decidiu-se testar a estrutura utilizando como material a liga de alumínio 6061-T6, que possui uma tensão de limite elástico de 275MPa. Verificou-se que em ambas as situações simuladas a tensão máxima que a estrutura sofre é inferior ao limite elástico do material. Pode-se então concluir que, caso o quadro da bicicleta fosse construído neste material, as deformações que a estrutura viria a sofrer, seriam reversíveis.

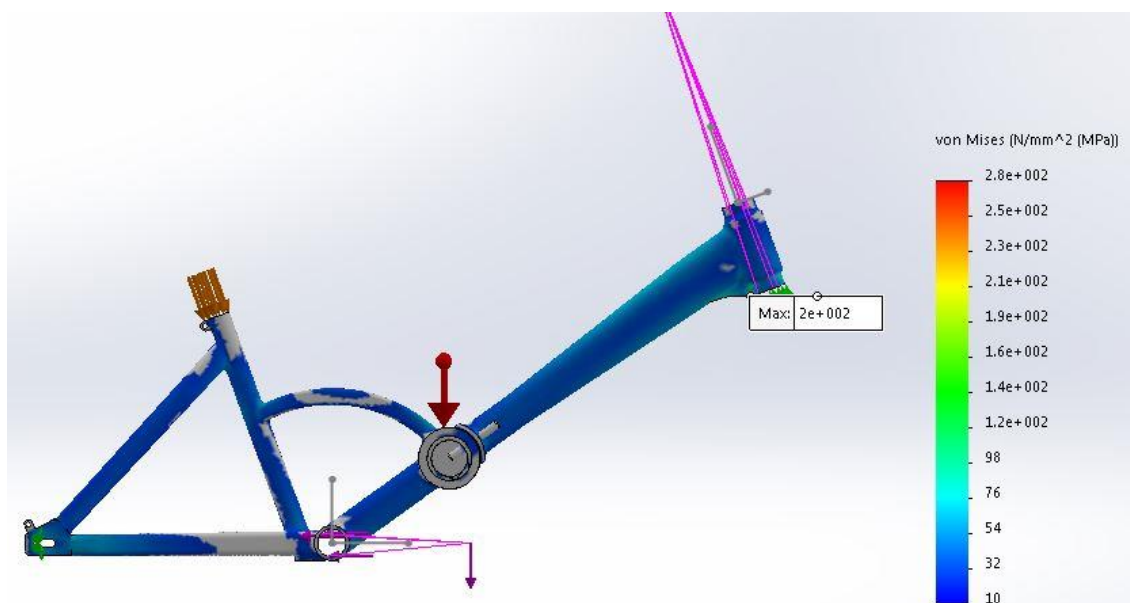


Figura 69 Resultado das tensões para a situação1 empregando a liga 6061-T6.

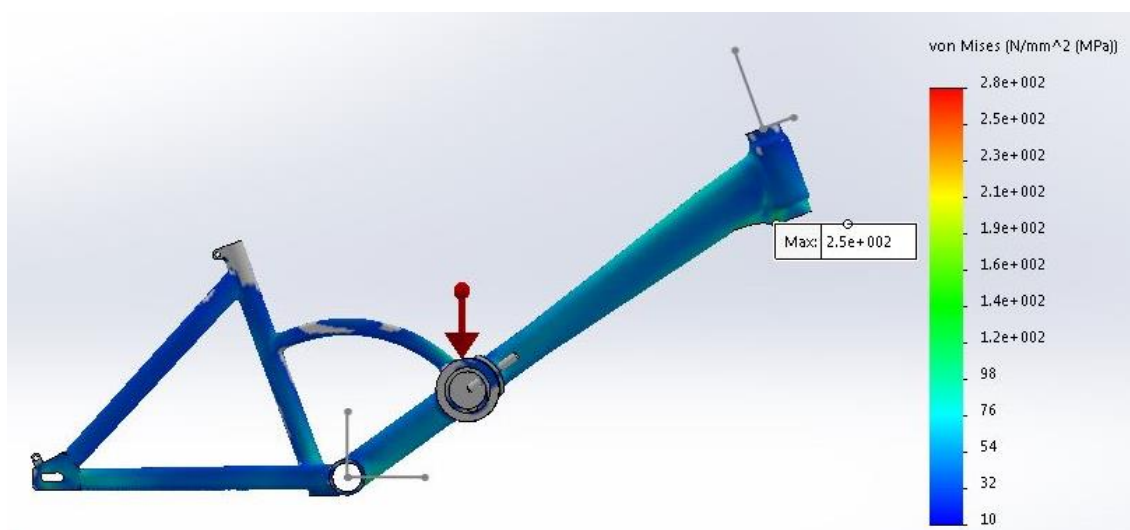


Figura 70 Resultado das tensões para a situação2 empregando a liga 6061-T6.

No entanto, analisando melhor a supramencionada deformação da estrutura, os resultados não se revelam tão positivos. No primeiro cenário testado, a estrutura apresenta uma deformação máxima de 13.2mm e no segundo cenário, 6.92mm.

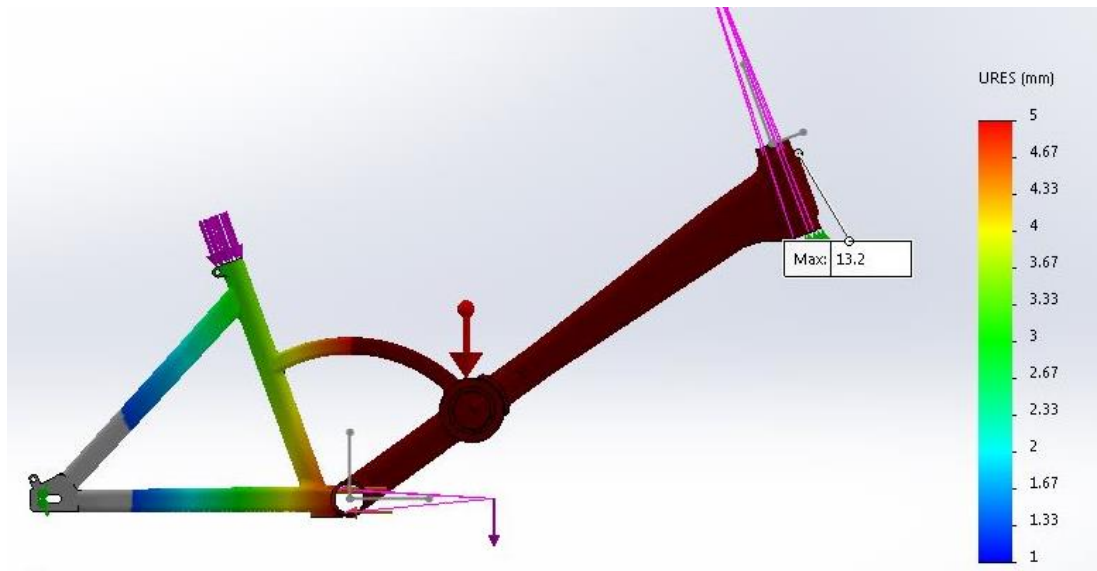


Figura 71 Resultado do deslocamento para a situação 1 empregando a liga 6061-T6.

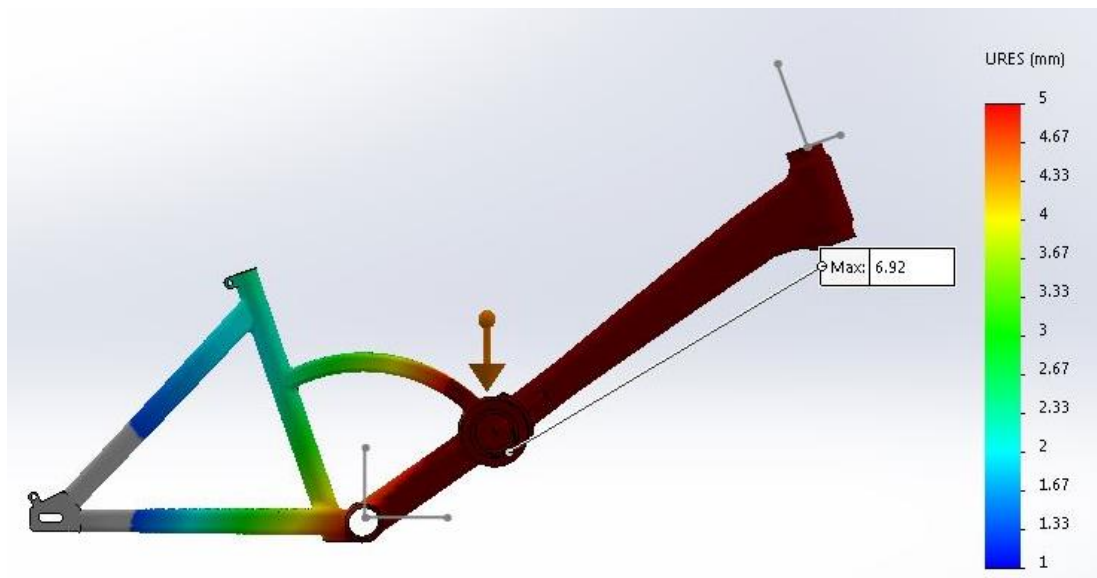


Figura 72 Resultado do deslocamento para a situação 2 empregando a liga 6061-T6.

Estas deformações, como foi referido anteriormente, são apenas resultado da elasticidade do material e reversíveis. Apesar disto, revelam-se demasiado elevadas tendo em

conta o produto em desenvolvimento. Numa bicicleta, deformações deste calibre seriam facilmente detetadas pelo utilizador, causando uma sensação de fragilidade ou mesmo instabilidade do produto, afetando a perceção de segurança do mesmo.

Para colmatar esta situação, resolveu-se optar pelo emprego da liga 7075-T6, esta apesar de ter uma massa volúmica ligeiramente superior à anterior, tem uma tensão de limite elástico muito superior (505MPa).

Tal como seria espectável, ao repetir as duas situações de teste anteriores, apurou-se que a estrutura resiste às cargas aplicadas sem atingir a tensão de limite elástico. Inclusivamente, a tensão máxima sofrida pela estrutura distancia-se mais do limite quando comparada com os testes anteriores.

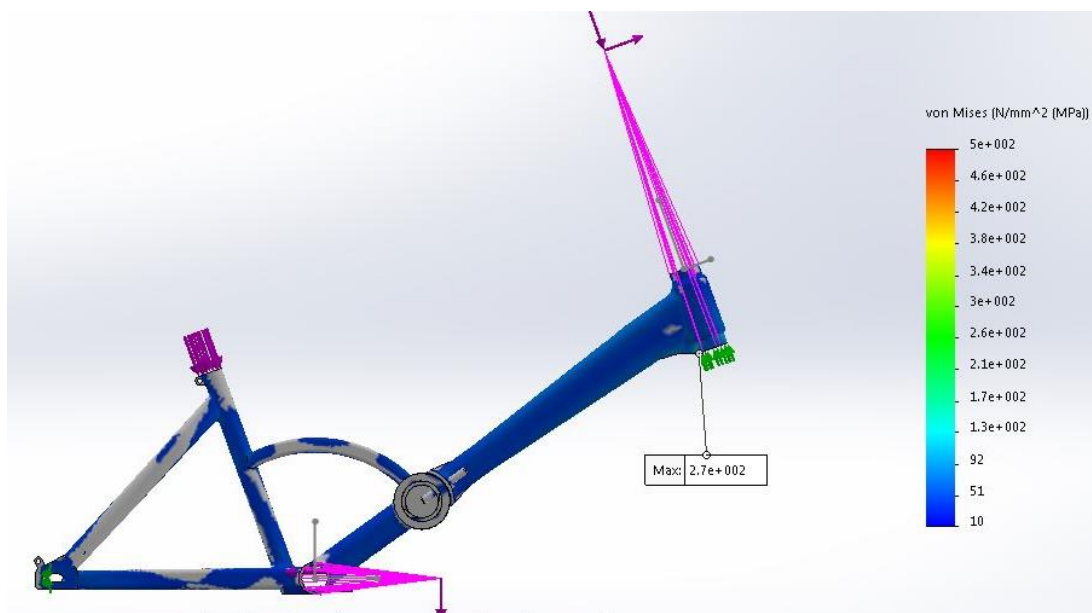


Figura 73 Resultado das tensões para a situação 1 empregando a liga 7075-T6.



Figura 74 Resultado das tensões para a situação2 empregando a liga 7075-T6

Avançou-se então para a observação dos resultados das deformações, o fator negativo nos testes anteriores.

As deformações são então de 4.86mm e 5.28mm para o primeiro e segundo cenários, respetivamente. Estes são já valores aceitáveis, uma vez que se está perante um hipotético utilizador com massa corporal limite e situações de utilização extrema, tendo em conta o uso a que esta bicicleta se designa.

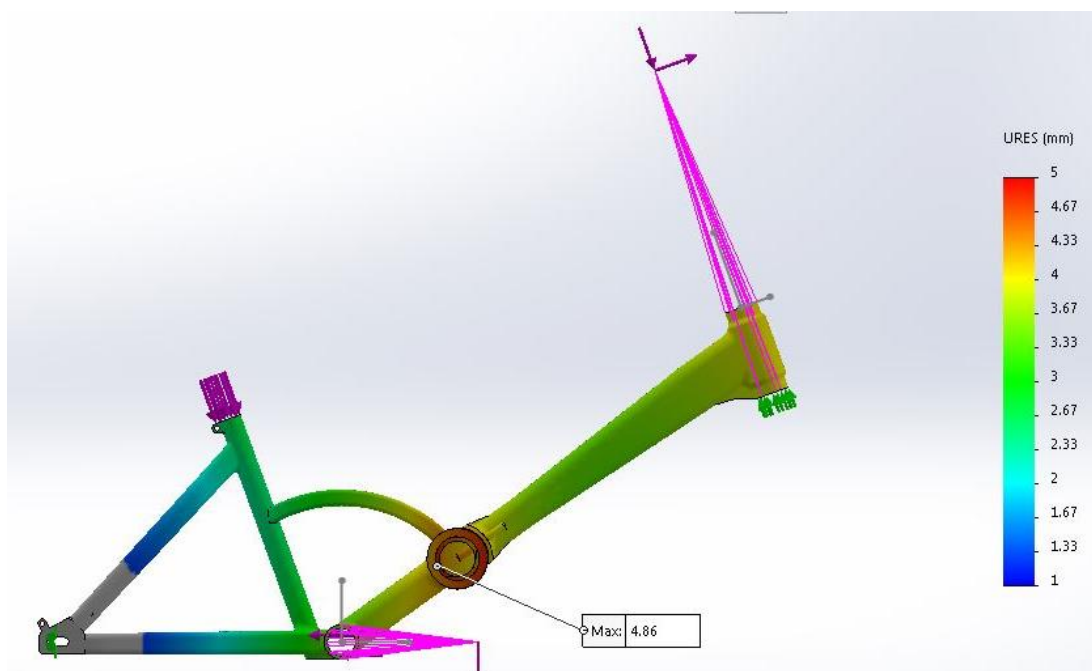


Figura 75 Resultado do deslocamento para a situação1 empregando a liga 7075-T6

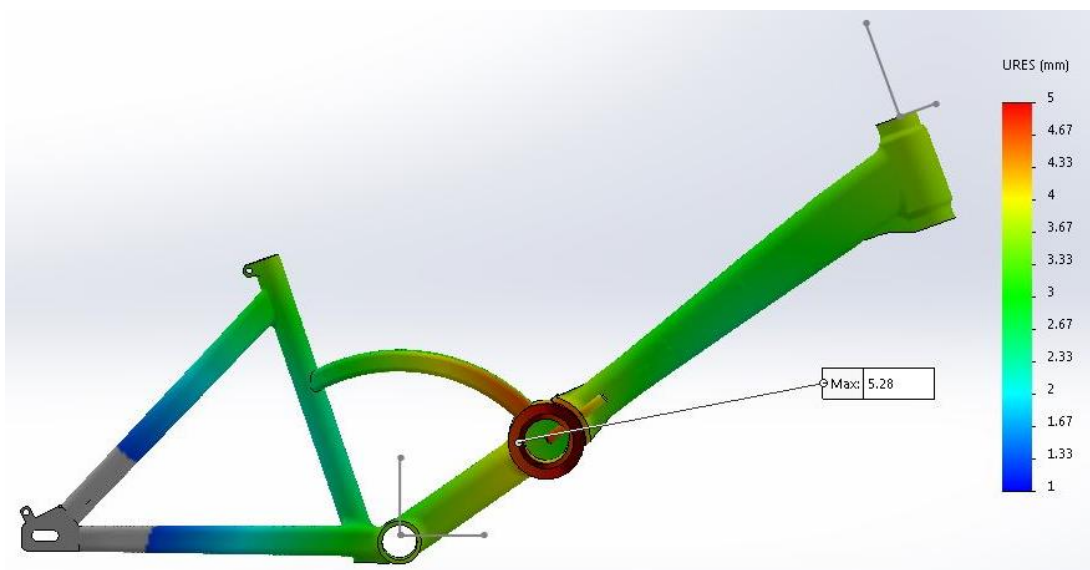


Figura 76 Resultado do deslocamento para a situação2 empregando a liga 7075-T6

Para além de garantir a robustez estrutural do quadro da bicicleta, a simulação por elementos finitos permitiu ainda minimizar o peso da estrutura. Se por um lado a simulação por elementos finitos permitiu detetar e reforçar os pontos mais débeis da estrutura, por outro, permitiu também identificar locais suscetíveis de serem aligeirados uma vez que os esforços presentes eram mínimos.

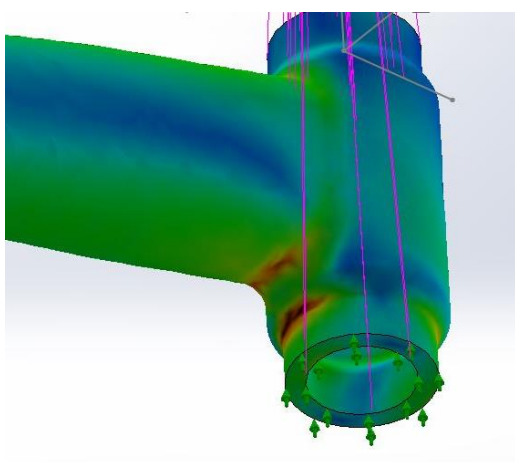


Figura 77 Local de concentração de tensões.

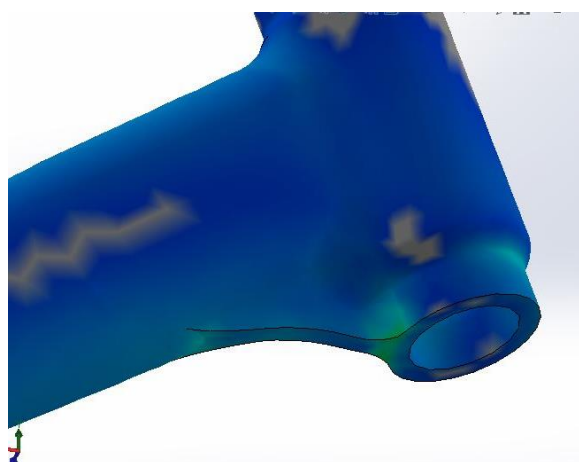
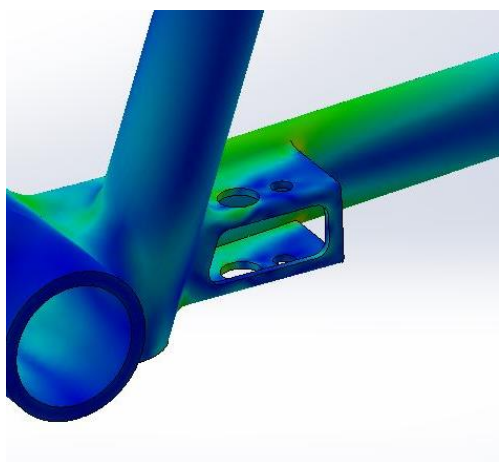
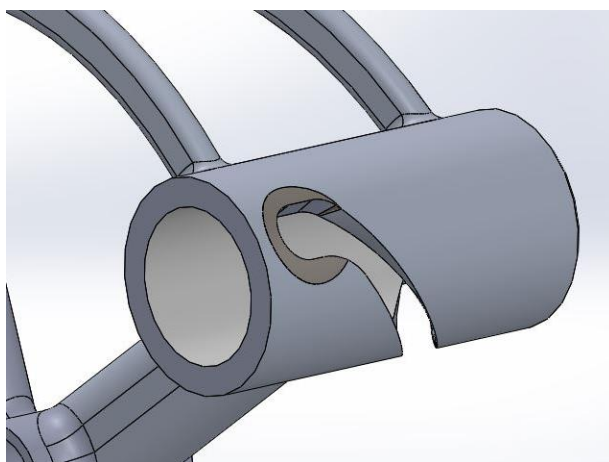


Figura 78 Local de concentração de tensões reforçado.



*Figura 79 Local com baixa concentração de tensões, aligeirado.*



*Figura 80 Inserto em aço reforça zona de concentração de tensões.*





## 8. Proposta final

Não obstante a anterior análise detalhada aos componentes e sistemas padronizados, importa observar a proposta final do ponto de vista morfológico, dimensional e funcional.



*Figura 81 Vista frontal da bicicleta em preto e guiador reto.*

Trata-se de uma bicicleta com um design clássico e elegante, perfeitamente adequada ao estilo de vida atual e dotada de sistemas modernos que lhe conferem uma usabilidade, segurança e fiabilidade apropriadas ao uso no quotidiano citadino.



*Figura 82 Bicicleta em branco e guidador sobrelevado*

Pode ser equipada com diferentes tipologias de guidador de modo a aprimorar a posição de condução ou o aspeto da bicicleta conforme a preferência do seu utilizador.



*Figura 83 Vista traseira da bicicleta, sem kit de luzes opcional.*

Está equipada com um conjunto de guarda-lamas, um cesto para transportar pequenos objetos e opcionalmente, um conjunto de iluminação equipado com luzes LED e bateria recarregável.



*Figura 84 Bolsa transportando garrafa.*

Devido à geometria do quadro e às rodas de 20 polegadas, esta bicicleta consegue aliar uma forma compacta e uma condução ágil, permitindo ao utilizador serpentear pelos obstáculos que possam surgir no seu caminho, com toda a segurança e mantendo o conforto.



*Figura 85 Bicicleta com iluminação ativada.*

O sistema de transmissão através de correia de borracha dispensa manutenção e óleo, evitando assim a sujeira e fraca resistência à intempérie associadas aos tradicionais sistemas de corrente metálica. Como apenas possui uma relação de transmissão, o pedalar é descomplicado, não saindo a performance afetada devido ao baixo peso da bicicleta, de apenas 10.8Kg.



*Figura 86 Tamanho da bicicleta e silhueta humana com aproximadamente 1,7m.*

Para compactar a bicicleta, são necessárias poucas operações. Inicialmente o utilizador deve desbloquear os sistemas de segurança, pintados propositadamente com cores vivas.

Após a secção do guiador ser dobrada para a sua posição fechada. O utilizador poderá, com um único movimento elevatório aplicado numa das duas pegas situadas na bolsa, fechar o quadro da bicicleta.



*Figura 87 Movimento necessário para a compactação do quadro.*

Para maior segurança, o bloqueio do quadro deve ser novamente acionado, ficando a bicicleta em condições de ser facilmente carregada ou empurrada, dispondo o utilizador do selim a uma altura adequada para o efeito.

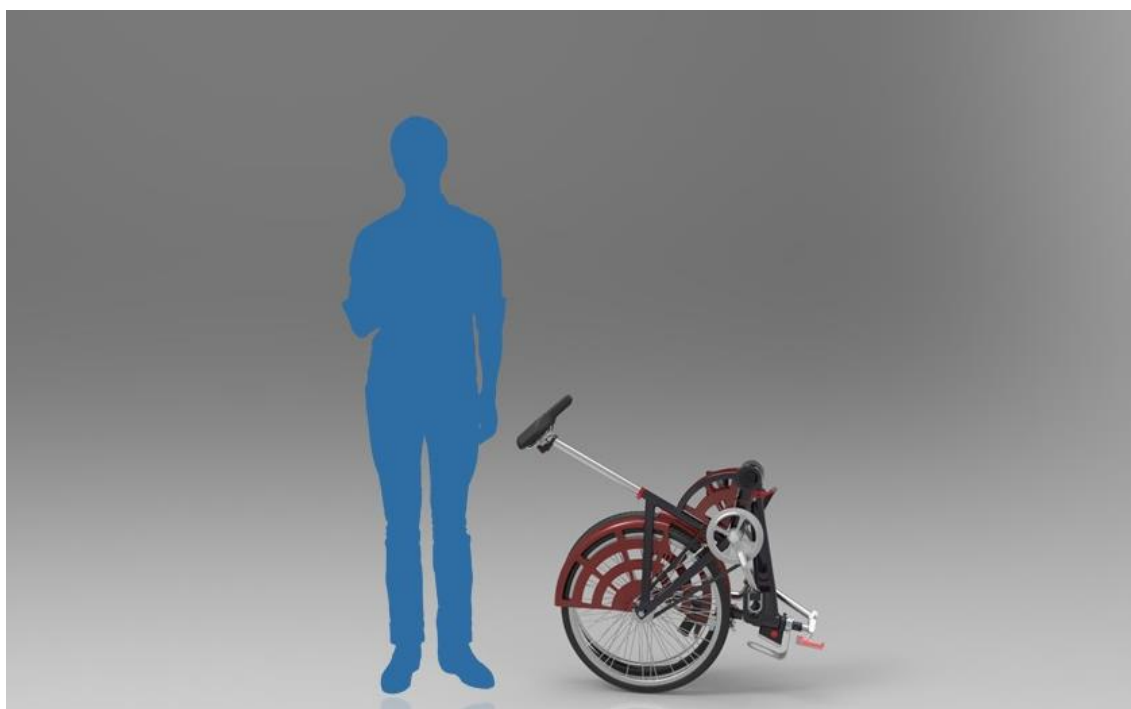


*Figura 88 Bicicleta em condições de ser transportada empurrando-a.*





*Figura 89 Mecanismo de dobragem do quadro.*



*Figura 90 Relação entre a bicicleta na primeira configuração de fecho e humano com 1,7m.*

Por fim, o selim pode ser baixado para se obter uma compacidade ainda maior do conjunto.



*Figura 91 Bicicleta completamente compactada.*

As dimensões da bicicleta completamente fechada são menores comparativamente a outros modelos equipados com rodas de 20" existentes no mercado.

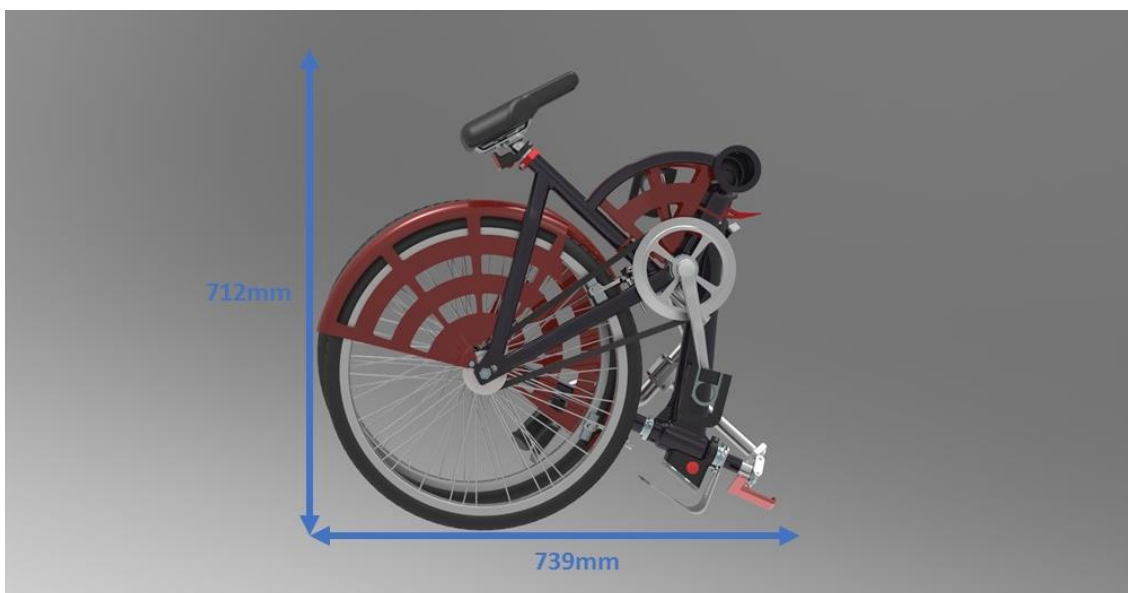
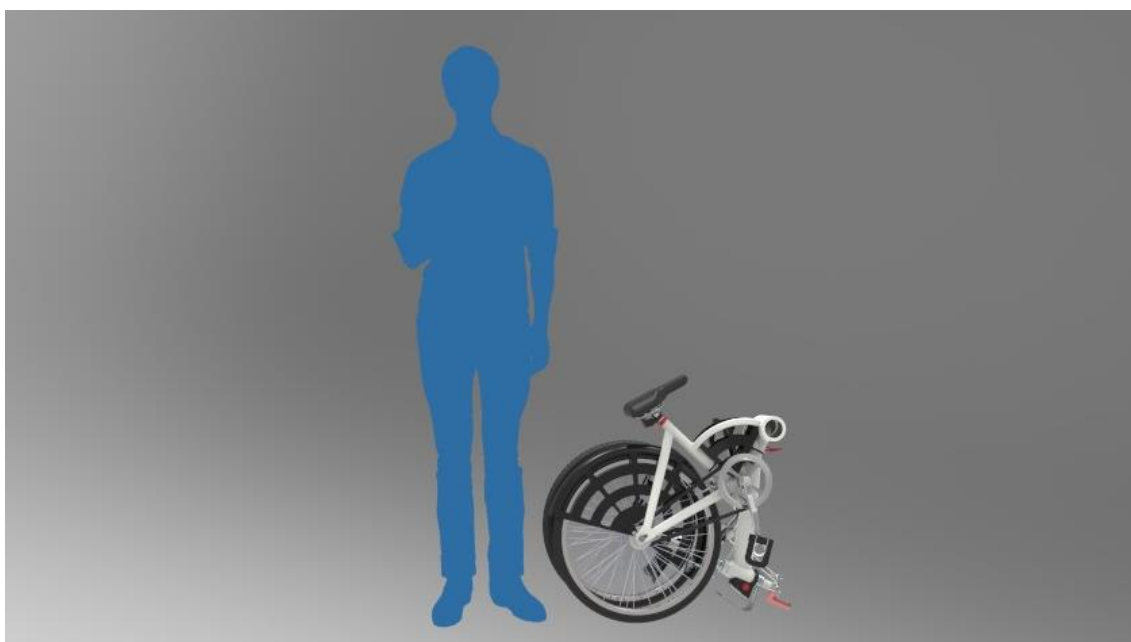


Figura 92 Dimensões gerais da bicicleta compactada, vista lateral.



Figura 93 Dimensões gerais da bicicleta compactada, vista traseira.



*Figura 94 Comparativo entre a bicicleta completamente fechada e humano com 1,7m.*

Compactada, a bicicleta pode ser facilmente transportada na bagageira de um pequeno automóvel citadino ou no interior de um transporte coletivo.



*Figura 95 Bicicleta compactada na bagageira de um automóvel citadino.*



## 9. Conclusões e trabalhos futuros

Este projeto surgiu com o intuito de colmatar uma falha detetada nas bicicletas atuais e na sua relação com a utilização urbana atual, e nesse sentido conclui-se que para que uma bicicleta se adapte plenamente aos transportes citadinos, é fundamental que esta possa ser dobrável. No entanto, a operação de dobragem deverá ser rápida e fácil, uma vez que pode ser exigida a sua repetição ao longo do dia. Analisando os modelos de bicicleta presentes no mercado atual, verifica-se que por vezes são necessárias operações complexas, algumas envolvendo o manejo de parafusos. Tais situações foram evitadas ao máximo na bicicleta desenvolvida.

Em primeiro lugar refira-se que os objetivos gerais propostos neste trabalho foram alcançados, através do desenvolvimento de uma proposta de produto exequível. Também a metodologia de desenvolvimento do projeto, bem como uso de ferramentas estruturadas de apoio ao desenvolvimento mesmo revelaram-se adequadas, permitindo estabelecer um método de trabalho organizado, face a um projeto multidisciplinado.

Relativamente à análise estrutural por elementos finitos, conclui-se que esta foi da maior importância. Foi determinante para a seleção da liga de alumínio mais adequada para a construção do quadro, permitiu identificar pontos de concentração de tensões onde a estrutura seria mais débil, mas também aligeirar pontos onde a concentração de tensões é muito baixa, contribuindo para uma massa geral do produto mais baixa. É possível afirmar que a análise estrutural por elementos finitos, para além de prever a viabilidade da estrutura, contribui para uma maior eficiência desta.

No âmbito deste trabalho conclui-se que no que diz respeito ao uso da bicicleta combinada com outros meios de transporte, é essencial que esta seja leve e facilmente erguida, dispondo de locais que facilitem o pegar ou segurar a bicicleta fechada. No produto desenvolvido, isto foi tido em conta, uma vez que existem diferentes locais para pegar aquando do fecho, transporte erguido ou transporte no solo.

A tipologia de fecho desenvolvida neste projeto é rápida permite e permite que a bicicleta seja compactada o suficiente para transitar num local ou veículo junto do seu utilizador enquanto este se encontra de pé, por exemplo numa estação de metro ou dentro de um autocarro, e na sua

tipologia mais compacta permite que a bicicleta seja transportada ao nível da cintura do utilizador ou acondicionada, ocupando pouco volume.

Estes dois modos de compactação da bicicleta adaptam-se também às particularidades da habitação urbana maioritariamente caracterizada pela construção em altura, que frequentemente não dispõe de espaço de arrumação ao nível térreo. É então inevitável transportar a bicicleta em elevadores ou escadas para que esta seja arrumada no interior da habitação.

Também a circulação em ambiente urbano pode ser exigente para uma bicicleta e seu utilizador.

Esta bicicleta foi criada aliando componentes e materiais robustos e sustentáveis o que origina um produto duradouro, facilmente reparável e mantido, algo que também resulta num maior tempo de vida útil e consequentemente ecologia.

O baixo peso, simplicidade de uso e postura de condução vertical, permitem que o utilizador pedale sem esforço e se foque no cenário ao seu redor, antecipando os perigos típicos do trânsito urbano e desfrutando da viagem.

Mas existem outras comodidades que se exigem a uma bicicleta de uso diário. Uma vez que se pode recorrer a ela não só para deslocações de lazer, mas também para se deslocar ao seu local de trabalho, comércio ou serviços. O utilizador não está, portanto, disposto a vestir-se com roupa específica para ciclismo, a bicicleta é que se deve adaptar à roupa do utilizador, seja ela mais formal ou casual.

Para o efeito, a bicicleta foi equipada de raiz com guarda-lamas, que evitam que a roupa do utilizador entre em contacto com as rodas sujas ou que sejam projetados líquidos ou sujidade do solo. Caso deseje, o utilizador pode usar roupas largas sem que estas se sujeiem ou fiquem presas no sistema de transmissão, já que é empregue um sistema de correia que não necessita de lubrificação nem apresenta arestas vivas. O quadro tem uma morfologia rebaixada que não exige que para subir na bicicleta, o utilizador tenha de passar a sua perna sobre a roda traseira, algo que muitas vezes é dificultado caso se estejam a usar saias ou roupas que restrinjam os movimentos.

Em termos construtivos, esta bicicleta recorre a processos de fabrico bastante desenvolvidos e industrializados. Tal facto, conjugado com o uso de componentes padronizados de gamas médias, mais económicas contribui para um preço mais acessível do produto final sem comprometer a segurança e qualidade de utilização. A utilização de componentes padronizados

agiliza o processo de industrialização até que o produto chegue ao mercado, na medida em que não é empregue tempo no desenvolvimento destes.

Em suma, pode-se considerar que a bicicleta desenvolvida cumpre os objetivos aos quais se propõem. É adaptada ao ambiente, habitação e quotidiano urbano, conjugando isso ao uso combinado com outros transportes. A sua operação é simples e rápida, as suas dimensões e peso foram minimizados comparativamente aos produtos equivalentes no mercado e é um produto que poderia ser introduzido no mercado de forma célere.

### **9.1. Continuidade do projeto**

Apesar do término deste trabalho académico, a solução apresentada não se pode considerar apta a iniciar o processo de industrialização. O trabalho relatado apenas descreve uma etapa do projeto de design do produto em questão.

Após esta fase de desenvolvimento e apesar do desenvolvimento CAD e análise por elementos finitos apontar para que se trate de um projeto viável, seria necessária a execução de protótipos funcionais à escala real que atestassem a resistência da estrutura, recorrendo até a testes que simulassem situações uso real.

Seria também da maior importância testar a funcionalidade dos mecanismos, em especial do sistema de transmissão. Apesar de definida a tipologia deste sistema é ainda necessário dimensionar detalhadamente os diversos elementos que o constituem, incluindo um estudo para determinar qual a relação de transmissão mais adequada.

Quanto ao sistema de iluminação, este apenas se encontra definido em termos de aspeto, futuramente seria necessário o desenvolvimento de toda a componente eletrónica e de detalhe.

Também o toleranciamento dimensional deveria ser alvo de análise mais cuidada.

Após a validação dos protótipos do produto, este poderia avançar para a produção industrial das primeiras séries.





## Referências bibliográficas.

- (1) COMISSÃO EUROPEIA – **Cidades para bicicletas, cidades de futuro.** [Em linha]. Luxemburgo: Serviço das publicações oficiais das comunidades europeias. 2000. [Consult. 28 out. 2018]. Disponível em WWW:  
<[http://ec.europa.eu/environment/archives/cycling/cycling\\_pt.pdf](http://ec.europa.eu/environment/archives/cycling/cycling_pt.pdf)> ISBN 92-828-5738-7
- (2) LAVRADOR, Alfredo - **Madrid fecha centro ao trânsito já em 2018.** [Em linha]. Lisboa: Observador, 2017. [Consult. 20 jan. 2018]. Disponível em WWW:  
<<http://observador.pt/2017/09/21/madrid-fecha-centro-ao-transito-ja-em-2018/>>
- (3) SIMÕES, Bruno - **Mapa: O seu carro pode entrar no centro de Lisboa?** [Em linha]. (SI): Cofina, 2015. (Consult. 20 jan 2018). Disponível em WWW:  
<[https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/automovel/detalhe/mapa\\_o\\_seu\\_carro\\_pode\\_entrar\\_no\\_centro\\_de\\_lisboa](https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/automovel/detalhe/mapa_o_seu_carro_pode_entrar_no_centro_de_lisboa)>
- (4) DN; LUSA.- **Sete em cada dez portugueses utiliza o automóvel particular.** [Em linha]. (SI): Global Media Group, 2016. [Consult. 23 jan. 2018]. Disponível em WWW: <  
<https://www.dn.pt/sociedade/interior/estudo-revela-que-o-automovel-e-utilizado-por-704-portugueses-5401649.html> >
- (5) DECO PROTESTE – **Bicicleta: Conheça as restrições nos transportes públicos** [Em linha]. (SI): (Sn), 2016. [Consult. 4 dez. 2017]. Disponível em www:  
<<https://www.deco.proteste.pt/auto/bicicletas/noticias/bicicleta-conheca-as-restricoes-nos-transportes-publicos>>
- (6) CARRIS - **Sabia que ir de bicicleta ao cinema dá desconto nos bilhetes?** [Em linha]. (SI): (Sn), 2012. [Consult. 9 dez. 2017]. Disponível em www:

- <<http://www.carris.pt/pt/noticias/2012/sabia-que-ir-de-bicicleta-ao-cinema-da-desconto-nos-bilhetes/>>
- (7) ESQUERDA.NET - **Já é possível transportar bicicletas nos comboios de longo curso** [Em linha]. (SI): (Sn), 2015. [Consult. 9 dez 2017]. Disponível em [www: <http://www.esquerda.net/artigo/ja-e-possivel-transportar-bicicletas-nos-comboios-de-longo-curso/38381>](http://www.esquerda.net/artigo/ja-e-possivel-transportar-bicicletas-nos-comboios-de-longo-curso/38381)
- (8) DOWLING, Tom - **Bike racks on public transport in America** [Em linha]. (SI): (Sn), 2012. [Consult. 4 dez 2017]. Disponível em [www: <https://tomtdowling.wordpress.com/2012/01/13/bike-racks-on-public-transport-in-america/>](https://tomtdowling.wordpress.com/2012/01/13/bike-racks-on-public-transport-in-america/)
- (9) IRIVERA - **Huella de carbono y empresa. Planes de transporte al centro de trabajo** [Em linha]. (SI): Escuela de organización industrial, 2015. [Consult. 9 dez 2017]. Disponível em [www: <http://www.eoi.es/blogs/merme/huella-de-carbono-y-empresa-planes-de-transporte-al-centro-de-trabajo/>](http://www.eoi.es/blogs/merme/huella-de-carbono-y-empresa-planes-de-transporte-al-centro-de-trabajo/)
- (10) IDEACONNECTION - **Bike carrying train.** [Em linha]. (SI): (Sn), 2009. [Consult. 4 dez 2017]. Disponível em [www: <https://www.ideaconnection.com/new-inventions/bike-carrying-train-02922.html>](https://www.ideaconnection.com/new-inventions/bike-carrying-train-02922.html)
- (11) THIJS - **8 types of electric personal transportation devices: A comparison** [Em linha]. (SI): Hobbr, 2017. [Consult. 20 fev. 2018]. Disponível em [WWW:<http://www.hobbr.com/types-of-electric-personal-transport-devices/>](http://www.hobbr.com/types-of-electric-personal-transport-devices/)
- (12) SOAR BOARDS - **2 wheel self-balancing scooter** [Em linha]. (SI): (Sn), 2015. [Consult. 8 out 2018]. Disponível em [www: <https://www.flickr.com/photos/136833700@N04/21403154443/>](https://www.flickr.com/photos/136833700@N04/21403154443/)

- (13)ALTEX - **Trotineta electrica myria my7010bk, 10inch, negru** [Em linha]. (SI): (Sn), cop.2018. [Consult. 8 out 2018]. Disponível em www: <<https://altex.ro/trotineta-electrica-myria-my7010bk-10-inch-negru/cpd/TROMY7010BK/>>
- (14)SUSPIRO, Ana; COSTA, Andreia (2014) - **Mais de metade dos habitantes da grande Lisboa não usa transportes públicos** [Em linha]. Lisboa: Observador, 2014. [Consult. 22 jan. 2018]. Disponível em WWW: <<http://observador.pt/2014/10/21/mais-de-metade-dos-habitantes-da-grande-lisboa-nao-usa-transportes-publicos/>>
- (15)ZEE, Renate – **Story of cities #30: how this Amrdam inventor gave bike-sharing to the world** [Em linha]. (S.I): (S.n), 2016. [Consult. 10 mai. 2018]. Disponível em WWW: <<https://www.theguardian.com/cities/2016/apr/26/story-cities-amsterdam-bike-share-scheme>>
- (16)NVA - **Witte fietsenplan / White bike plan** [Em linha]. (SI): (Sn), 2014. [Consult. 8 out. 2018]. Disponível em www: <<http://nva.org.uk/artwork/witte-fietsenplan-white-bike-plan/213provo/>>
- (17)SILVA, Miguel - **De buga em Aveiro: Divertido mas perigoso** [Em linha]. (SI): (Sn), 2009. [Consult. 8 mai 2018]. Disponível em www: <<https://amigosdavenida.blogs.sapo.pt/204593.html>>
- (18)CAETANO, Luís; BEJA, Madalena. - **Sistemas de bike Sharing – O caso das Bugas de Aveiro** [Em linha]. (SI): (Sn),2015. [Consult. 7 mai. 2018]. Disponível em WWW: <<http://www.w2g.pt/2015/03/sistemas-de-bike-sharing-o-caso-das-bugas-de-aveiro-192/>>
- (19)EMEL. - **Gira – Bicicletas de Lisboa** [Em linha]. (SI): EMEL, cop.2018. [Consult. 7 mai 2018]. Disponível em www: <<https://www.gira-bicicletasdelisboa.pt/>>

- (20) TAYLOR, Alan - **The bike-share oversupply in China: Huge piles of abandoned and broken bicycles** [Em linha]. (SI): The Atlantic, 2018. [Consult. 9 ago. 2018]. Disponível em [www: <http://www.theatlantic.com/photo/2018/03/bike-share-oversupply-in-china-huge-piles-of-abandoned-and-broken-bicycles/556268/>](http://www.theatlantic.com/photo/2018/03/bike-share-oversupply-in-china-huge-piles-of-abandoned-and-broken-bicycles/556268/)
- (21) HO, Victoria - **Humans ruined bike-sharing in Singapore so now bikes need parking zones** [Em linha]. (SI): (Sn), 2017. [Consult. 9 out. 2018]. Disponível em [www: <http://www.yahoo.com/news/humans-ruined-bike-sharing-singapore-085729197.html?guccounter=1>](http://www.yahoo.com/news/humans-ruined-bike-sharing-singapore-085729197.html?guccounter=1)
- (22) BATHKE, Benjamin – **Dockless bike-sharing faces uphill battle in Berlin and Europe** [Em linha]. (SI): (Sn), 2018. [Consult. 11 out. 2018]. Disponível em [www: <http://www.dw.com/en/dockless-bike-sharing-faces-uphill-battle-in-berlin-and-europe/a-44408651>](http://www.dw.com/en/dockless-bike-sharing-faces-uphill-battle-in-berlin-and-europe/a-44408651)
- (23) THE FOLDING CYCLIST - **The history of the folding bicycle**. [Em linha]. (SI): (Sn), cop. 2005-2016 [Consult. 26 out. 2017]. Disponível em [www: <http://www.foldingcyclist.com/folding-bike-history.html>](http://www.foldingcyclist.com/folding-bike-history.html)
- (24) DECATHLON. - **Bicicleta dobrável tilt 740 cromado b'twin** [Em linha]. (SI): (Sn), cop. 2017. [Consult. 22 set. 2017]. Disponível em [www: <http://www.decathlon.pt/bicicleta-dobavel-tilt-740-id\\_8328462.html>](http://www.decathlon.pt/bicicleta-dobavel-tilt-740-id_8328462.html)
- (25) BROMPTON BICYCLE LTD. - **The bike** [Em linha]. (SI): (Sn), cop. 2017. [Consult. 3 out 2017]. Disponível em [www: <http://www.brompton.com/The-Bike>](http://www.brompton.com/The-Bike)
- (26) STRIDA - **Strida evo** [Em linha]. (SI): (Sn), cop. 2017. [Consult. 20 out. 2017]. Disponível em [www: <http://www.strida.com/product/strida-evo/>](http://www.strida.com/product/strida-evo/)
- (27) WHITT, Frank.; WILSON, David - **Bicycling Science** [Em linha], 2ª ed. Massachusetts: The MIT Press, 1995 [consult. 5 Nov. 2017]. Disponível em

WWW:<[https://books.google.pt/books?id=\\_spcDwAAQBAJ&pg=PA187&lpg=PA187&dq=David+G.+Wilson,+Bicycling+Science,+Massachusetts+Institute+of+Technology&source=bl&ots=alg-wSbQSA&sig=li6RNI8y8SId2rFA6cJC3zAhdAg&hl=pt-PT&sa=X&ved=2ahUKEwiV9pfo5MfeAhXKccAKHXzACC8Q6AEwDHoECAGQAQ#v=onepage&q&f=false](https://books.google.pt/books?id=_spcDwAAQBAJ&pg=PA187&lpg=PA187&dq=David+G.+Wilson,+Bicycling+Science,+Massachusetts+Institute+of+Technology&source=bl&ots=alg-wSbQSA&sig=li6RNI8y8SId2rFA6cJC3zAhdAg&hl=pt-PT&sa=X&ved=2ahUKEwiV9pfo5MfeAhXKccAKHXzACC8Q6AEwDHoECAGQAQ#v=onepage&q&f=false)>

(28)RAMOS, André - **Conheça as ligas utilizadas na construção de quadros de alumínio** [Em linha]. (SI): (Sn), 2013. [Consult. 7 nov. 2017]. Disponível em www:

<<http://mtbbrasil.com.br/2013/10/11/conheca-as-ligas-utilizadas-na-construcao-dos-quadros-de-aluminio/>>

(29)ADAMI, Marcos - **A fibra de carbono no mundo das bikes** [Em linha]. (SI): Bikemagazine, 2016. [Consult. 13 nov. 2017]. Disponível em www:

<<http://www.bikemagazine.com.br/2016/01/a-fibra-de-carbono-no-mundo-das-bikes/>>

(30)MTB BRASÍLIA - **O uso da fibra de carbono no ciclismo e seu consequente impacto ambiental** [Em linha]. (SI): (Sn), 2014. [Consult. 12 nov. 2017]. Disponível em www:

<<http://mtbbrasil.com.br/2014/09/20/o-uso-da-fibra-de-carbono-no-ciclismo-e-seu-consequente-impacto-ambiental/>>

(31)Muzzicycles. – **Muzzicycles bicicleta urbana** [Em linha]. (SI): (Sn), cop.2016. [Consult. 20 nov. 2017]. Disponível em www:

<<http://www.muzzicycles.com.br/tudo/demo/index.html>>

(32)MUDCYCLES. - **MUD wood classic**. [Em linha]. (SI): (Sn), cop.2017. [Consult. 20 nov. 2017]. Disponível em www: <<https://www.mudcycles.net/mud-classic/>>

(33)DECATHLON. - **Bicicleta dobrável tilt 100 cinzento b'twin** [Em linha]. (SI): (Sn), cop.2017. [Consult. 22 set. 2017]. Disponível em www:<[https://www.decathlon.pt/bicicleta-dobavel-tilt-100-id\\_8352595.html](https://www.decathlon.pt/bicicleta-dobavel-tilt-100-id_8352595.html)>

- (34) HUMMINGBIRD – **Single Speed** [Em linha]. (SI): (Sn), (201?). [Consult. 24 jul 2018].  
Disponível em www: <<https://www.hummingbirdbike.com/shop-1/single-speed-bike>>
- (35) A BIKE - **Product detail** [Em linha]. (SI): (Sn), (20??). [Consult. 22 set. 2017]. Disponível em  
www: <[http://www.abike-shop.com/abike\\_product\\_detail.htm](http://www.abike-shop.com/abike_product_detail.htm)>
- (36) THE MOULTON BICYCLE COMPANY - **Models** [Em linha]. (SI): (Sn), cop.2017. [Consult. 20  
out 2017]. Disponível em www: <<http://www.moultonbicycles.co.uk/models.html>>
- (37) TONTINI, Gérson; THEISS, Juscelene - Estudo sobre a confiabilidade da classificação dos  
atributos de um serviço pelo modelo kano de qualidade atrativa e obrigatória. **Revista de  
administração e inovação** [Em linha]. 2:1(2005) 36. [consult. 9 set 2018] Disponível em  
WWW:  
<[https://www.researchgate.net/publication/277111991\\_ESTUDO\\_SOBRE\\_A\\_CONFIABILIDADE\\_DA\\_CLASSIFICACAO\\_DOS\\_ATRIBUTOS\\_DE\\_UM\\_SERVICO\\_PELo\\_MODELO\\_KANO\\_DE\\_QUALIDADE\\_ATRATIVA\\_E\\_OBRIGATORIA\\_DOI\\_105585raiv2i132](https://www.researchgate.net/publication/277111991_ESTUDO_SOBRE_A_CONFIABILIDADE_DA_CLASSIFICACAO_DOS_ATRIBUTOS_DE_UM_SERVICO_PELo_MODELO_KANO_DE_QUALIDADE_ATRATIVA_E_OBRIGATORIA_DOI_105585raiv2i132)> DOI:10.5585
- (38) FERNANDES, José; REBELATO, Marcelo -Proposta de um método para integração entre  
QFD e FMEA. **Gestão e Produção** [Em linha], 13:2, (2006) 248. [Consult. 9 jun 2018].  
Disponível em WWW: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2006000200007&script=sci\\_arttext.ISSN 1806-9649](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2006000200007&script=sci_arttext.ISSN%201806-9649)>
- (39) JOHNSON, Rovo - **7 Amazing road bikes** [Em linha]. (SI): (Sn), cop.2016 [Consult. 20 ago  
2018]. Disponível em www: <<https://www.rovobikereviews.com/best-cheap-road-bike/>>
- (40) PEQUINI, Suzi - **Ergonomia aplicada ao design de produtos: um estudo de caso sobre o  
design de bicicletas** [Em linha]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2005 [Consult. 14  
ago 2018]. Disponível em WWW: <<http://bdpi.usp.br/single.php?id=001470876>>

- (41)SANTIAGO BIKES - **Dicas – Tamanho bicicletas** [Em linha]. (SI): (Sn), (20??). [Consult. 10 out. 2018]. Disponível em www: <<http://santiagobikes.com/qual-o-tamanho-correto-da-tua-bicicleta/>>
- (42)ALLBIKE - **Caixa direção mbk 1” c/rosca** [Em linha]. (SI): (Sn), cop.2018 [Consult. 24 jul 2018]. Disponível em www:  
<[https://www.allbike.pt/epages/960596546.sf/pt\\_PT/?ObjectPath=/Shops/960596546/Products/AD2950](https://www.allbike.pt/epages/960596546.sf/pt_PT/?ObjectPath=/Shops/960596546/Products/AD2950)>
- (43)ALLBIKE - **Pedais dobráveis.** [Em linha]. (SI): (Sn), cop.2018 [Consult. 24 jul 2018]  
Disponível em www:  
<[https://www.allbike.pt/epages/960596546.sf/pt\\_PT/?ObjectPath=/Shops/960596546/Products/AD1980](https://www.allbike.pt/epages/960596546.sf/pt_PT/?ObjectPath=/Shops/960596546/Products/AD1980)>
- (44)ALLBIKE - **Movimento pedaleiro neco selado 122.5mm.** [Em linha]. (SI): (Sn), cop.2018 [Consult. 24 jul 2018]. Disponível em www:  
<[https://www.allbike.pt/epages/960596546.sf/pt\\_PT/?ObjectPath=/Shops/960596546/Products/AD2856](https://www.allbike.pt/epages/960596546.sf/pt_PT/?ObjectPath=/Shops/960596546/Products/AD2856)>
- (45)ALLBIKE - **Travão caliper logan silver - par** [Em linha]. (SI): (Sn), cop.2018 [Consult. 24 jul 2018]. Disponível em www:  
<[https://www.allbike.pt/epages/960596546.sf/pt\\_PT/?ObjectPath=/Shops/960596546/Products/AD9360](https://www.allbike.pt/epages/960596546.sf/pt_PT/?ObjectPath=/Shops/960596546/Products/AD9360)>
- (46)ALLBIKE - **Manetes bmx alumínio** [Em linha]. (SI): (Sn), cop.2018 [Consult. 24 jul 2018].  
Disponível em www:  
<[https://www.allbike.pt/epages/960596546.sf/pt\\_PT/?ObjectPath=/Shops/960596546/Products/AD4012](https://www.allbike.pt/epages/960596546.sf/pt_PT/?ObjectPath=/Shops/960596546/Products/AD4012)>



(47)ALLBIKE - **Pneu 20" mitas cobra 1.50** [Em linha]. (SI): (Sn), cop.2018 [Consult. 24 jul 2018].

Disponível em www:

<[https://www.allbike.pt/epages/960596546.sf/pt\\_PT/?ObjectPath=/Shops/960596546/Products/AD9692](https://www.allbike.pt/epages/960596546.sf/pt_PT/?ObjectPath=/Shops/960596546/Products/AD9692)>

(48)ALLBIKE - **Punhos m-wave silicone preto** [Em linha]. (SI): (Sn), cop.2018 [Consult. 24 jul

2018]. Disponível em www:

<[https://www.allbike.pt/epages/960596546.sf/pt\\_PT/?ObjectPath=/Shops/960596546/Products/AD9222](https://www.allbike.pt/epages/960596546.sf/pt_PT/?ObjectPath=/Shops/960596546/Products/AD9222)>

(49)DECATHLON - **Roda dianteira criança 20" prateado b'twin**. [Em linha]. (SI): (Sn), cop.2018.

[Consult. 20 jul 2018]. Disponível em www: <[https://www.decathlon.pt/roda-dianteira-crianca-20--id\\_8335997.html](https://www.decathlon.pt/roda-dianteira-crianca-20--id_8335997.html)>

(50)BIKEINN - **Selle italia net**. [Em linha]. Celrà: (Sn), cop.2009. [Consult. 27 jul.2018].

Disponível em www: <<https://www.bikeinn.com/loja-ciclismo/selle-italia-net/136060192/p>>

(51)AMAZON - **Bestorq 3L240 rubber v-belt** [Em linha]. (SI): (Sn), (20??). [Consult. 11 out.

2018]. Disponível em www: <<https://www.amazon.com/BESTORQ-3L240-Rubber-V-Belt-Wrapped/dp/B00IMELRB2>>

(52)ALLBIKE - **Descanso extensível mbk clamp polido** [Em linha]. (SI): (Sn), cop2018. [Consult.

1 out 2018]. Disponível em www:

<[https://www.allbike.pt/epages/960596546.sf/pt\\_PT/?ObjectPath=/Shops/960596546/Products/AD8779](https://www.allbike.pt/epages/960596546.sf/pt_PT/?ObjectPath=/Shops/960596546/Products/AD8779)>

(53)ASM, Aerospace specification metals inc. - **Aluminum 7075-t6; 7075-t651** [Em linha]. (SI):

(Sn), (20??). [Consult. 27 ago 2018]. Disponível em www:






















<<http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=ma7075t6>>

- (54)INTERNATIONAL ACADEMY OF WELDING TECHNOLOGY - **TIG welding (GTAW)** [Em linha].  
(SI): (Sn), cop.2016. [Consult. 27 ago. 2018]. Disponível em www:  
<[http://iawtacademy.com/course\\_details/tig-welding-gtaw/](http://iawtacademy.com/course_details/tig-welding-gtaw/)>
- (55)TRINDADE, Adelino - **Tecnologia da ligação dos materiais**. Viseu: Instituto politécnico de  
Viseu – Escola superior de tecnologia e gestão de Viseu, 2010
- (56)ÉLLIE-DIT-COSAQUE, Xavier; CHEBBAH, Mohamed; NACEUR, Hakim; GAKWAYA, A. -  
Analysis and design of hydroformed thin-walled tubes using enhanced one-step method.  
**International journal of advanced manufacturing technology** [Em linha]. 59 (2011) 508.  
[Consult. 9 set. 2018]. Disponível em WWW:  
<[https://www.researchgate.net/publication/216358257\\_Analysis\\_and\\_design\\_of\\_hydrofo  
rmed\\_thin-walled\\_tubes\\_using\\_enhanced\\_one-step\\_method](https://www.researchgate.net/publication/216358257_Analysis_and_design_of_hydroformed_thin-walled_tubes_using_enhanced_one-step_method)> DOI: 10.1007/s00170-011-  
3539-4
- (57)POLIVERSAL – **PP - Polipropileno** [Em linha]. (SI): (Sn), cop. 2010. [Consult. 28 ago 2018].  
Disponível em www: <[http://www.poliversal.pt/pt/landing-pages/tipos-de-plasticos/pp---  
polipropileno-36.html](http://www.poliversal.pt/pt/landing-pages/tipos-de-plasticos/pp---polipropileno-36.html)>
- (58)MOBILITY HOLDINGS LTD. - **Verge x20** [Em linha]. (SI): (Sn), cop.2017. [Consult. 3 out.  
2017]. Disponível em www: <<https://www.ternbicycles.com/bikes/473/verge-x20>>
- (59)MOBILITY HOLDINGS LTD. – **Joe p27** [Em linha]. (SI): (Sn), cop.2017. [Consult. 3 de out  
2017]. Disponível em www: <<https://www.ternbicycles.com/bikes/471/joe-p27>>
- (60)HELIX FOLDING BIKE - **HELIX** [Em linha]. (SI): (Sn), cop.2018. [Consult. 30 ago. 2018].  
Disponível em www: <<https://www.helix.ca/>>

## **Anexos**

## Benchmarking

### Benchmarking

	B'twin tilt 100 (33)	B'twin tilt 940 (24)	Brompton (25)	Verge X20 (58)	A-Bike (35)	Strida (26)	Verge Joe (59)	Moulton (36)	Hummingbird (34)	Helix (60)	Proposta
Imagem											
Preço [€]	150	600	1300	2400	250	700	880	1500	3920	1630	-
Dimensões Aberta (CxAxL) [cm]	145x108x58,5	150x111x59	147x106,5x53	-	100x70x43	128x106	-	-	-	-	148x103x53
Dimensões Fechada (CxAxL)[cm]	78x66x41	80x66x46	56,5x58,5x27	79x72x38	67x30x16	51x115x23	87x95x46	-	117x60x21	69x58x25	74x71x40
Tamanho								Desmontável 6 Elementos			
Peso[Kg]	13,2	13,9	11,3	9,9	5,6	13	14,2	11,4	6,9	10,4	10,9
Material Quadro	Aço	Alumínio	Aço	Alumínio	Alumínio/Polímero	Alumínio	Alumínio	Aço	Compósito de carbono/Alumínio	Titânio	Alumínio
Tamanho das Rodas[in]	20"	20"	20"	20"	6"	18"	27,5"	20"	16"	24"	20"
Mecanismo de Dobragem	Horizontal	Horizontal	Vertical	Horizontal	Tipo A	Tipo A	Horizontal	Desmontável	Vertical	Vertical Duplo	Vertical
Nº de Ações para (des)compactar	3	3	4	3	3	1	3	5	3	4	3
Velocidades/Sistema	1	7/Cubo	6/Cubo	20-Desviadores	1	3/Pedaleira	27/Desviadores	22/Desviadores	1	10/Desviadores	1

## **Matriz de Qualidade/Produto**

Matriz de Qualidade																											
Requisitos de cliente					DESEMPENHO				DIMENSÕES							OUTRAS		Avaliação dos requisitos de qualidade									
					Número de velocidades	Número de ações para dobrar	Material da estrutura	Local para pegar	Dimensões fechada	Dimensões aberta	Altura do Selim	Distância do selim ao guidador	Tamanho das rodas	Peso	Altura do tubo superior do quadro	Possibilidade de personalização	Design do quadro	Brompton	Strida	A-Bike	B'Twin tilt 940	avaliação da concorrência (M)	Avaliação estratégica de mercado (E)	Peso relativo	ATRIBUTOS DE QUALIDADE corrigidos (ID*)		
Nível primário	Nível secundário	KANO	Prioridade inicial (IDi)	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	Direcção de melhoria	▲	▼	◇	◇	▼	▼	◇	◇	◇	▼	▼	▲	▲									
1	Ergonomia	Confortável	O	10								3	1						0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,0	11%	10	
2		Adequada a rouda do dia-a-dia	A	8									1	1			3		3	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	9%	8
3		Posição de condução	U	3							1	3	1							1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	0,5	2%	2,12132
4	Funcionalidade	Pouco esforço para pedalar	U	5		3		1						1	9					0,5	1,0	1,0	0,5	0,5	1,0	4%	3,535534
5		Ágil	U	2				1			3	1		3	3					0,5	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	2%	2
6		Fácil de dobrar	A	14			9								1					2,0	0,5	1,0	1,0	1,5	0,5	13%	12,12436
7		Fácil transportar dobrada	A	13					9	3				1	3					1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	0,5	10%	9,192388
8		Fácil Manutenção	U	1		1		1												0,5	1,5	1,5	0,5	1,5	1,0	1%	1,224745
9		Compacta	A	12						9	1				3					0,5	1,0	0,5	1,0	1,0	0,5	9%	8,485281
10		Estável	O	11					1											1,0	1,5	2,0	1,0	1,0	1,0	12%	11
11	Segurança	Componentes adequados ao uso urbano	O	7		1		1						3				1		1,0	1,0	1,5	0,5	1,0	1,0	8%	7
12		Robusta	O	9		1		1										1		1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	10%	9
13	Aspecto	Desenho unísexo	A	4									1				1		3	0,5	1,0	1,0	0,5	1,0	0,5	3%	2,828427
14	Aquisição	Preço	U	6		3		9												1,5	1,0	0,5	0,5	1,0	1,0	6%	6
Avaliação das características de qualidade		MÉTRICAS (UNIDADES)				Nº	Nº			mm	mm	mm	mm	in	Kg		Nº										
		Características de qualidade inicial (IQi)				45,83	109,12	87,76	82,73	103,94	16,61	49,19	20,12	65,18	77,52	26,83	7,00	41,49									
		Brompton				0,5	1,5	0,5	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5									
		Strida				1,0	0,5	1,0	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,0	1,0									
		A-Bike				1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	1,5	1,5	1,5	2,0	0,5	1,5	2,0	1,5									
		B'twin Tilt 940				0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5									
		AVALIAÇÃO COMPETITIVA (Bj)				1,0	0,5	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	0,5	1,0	1,0	0,5									
		DIFICULDADE DE ACTUAÇÃO (Dj)				0,5	2,0	1,5	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1,0	2,0	0,5	0,5	1,0									
		Características de qualidade revisto (IQi*)				32,40766	109,1192	107,484	58,5	90,01875	11,74264	34,78427	14,22792	79,83348	77,52133	18,97056	4,949747	29,33452									

Kano	
Atrativa	A
Unidimensional	U
Obrigatória	O

DIRECÇÃO DE MELHORIA	
Positiva	▲
Igual	◇
Negativa	▼

Relações	
Forte	9
Moderada	3
Fraca	1

Avaliação	
A cima da concorrência/ fácil	0,5
Igual à concorrência/ moderado	1,0
Muito a baixo da concorrência/ muito difícil	2,0

Matriz de Produto																							
	COMPONENTES DO PRODUTO	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	DESEMPENHO				DIMENSÕES							OUTRAS		Avaliação dos requisitos de qualidade							
			Número de velocidades	Número de ações para dobrar	Material da estrutura	Local para pegar	Dimensões fechada	Dimensões aberta	Altura do Selim	Distância do selim ao guidador	Tamanho das rodas	Peso	Altura do tubo superior do quadro	Possibilidade de personalização	Design do quadro	Brompton	Strida	A-Bike	B'Twin tilt 940	Avaliação da concorrência (Mi)	Avaliação estratégica de mercado (Ei)	Peso relativo	ATRIBUTOS DE QUALIDADE corrigidos (ID)*
		IQi*	32	109	107	59	90	12	35	14	80	78	19	5	29								
1	Quadro			3	9	3	3	3	3	3	1	3	3	1	9	0,5	1,0	1,5	1,0	1,0	0,5	45%	1810,762
2	Rodas						3	3			9	3			1	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	32%	1285,684	
3	Sistema de transmissão		9									1			1	1,0	1,0	1,5	1,0	0,5	1,5	9%	345,1326
4	Sistema de travões											1			1	1,0	0,5	2,0	1,0	1,0	1,5	3%	130,8712
5	Selim						1		3					1		1,0	1,5	1,0	0,5	1,0	1,0	5%	199,3213
6	Sistema de direção				1		1	1		1				1		1,0	1,5	1,0	0,5	1,0	1,0	6%	228,423
	MÉTRICAS (UNIDADES)		Nº	Nº			mm	mm	mm	mm	in	Kg		Nº									

Relações	
Forte	9
Moderada	3
Fraca	1

Avaliação	
A cima da concorrência/ fácil	0,5
Igual à concorrência/ moderado	1,0
A baixo da concorrência/ difícil	1,5
Muito a baixo da concorrência/ muito difícil	2,0

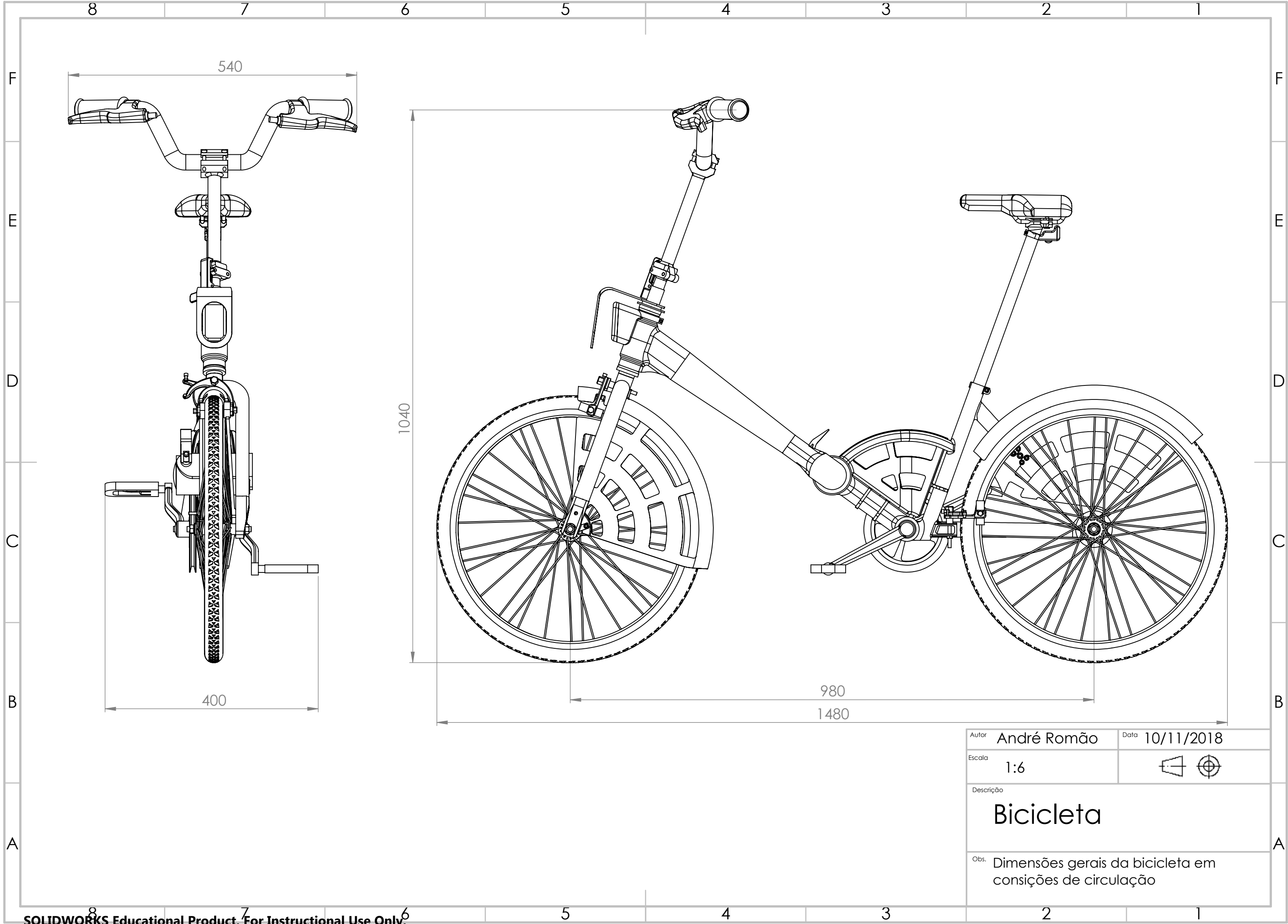


## **FMEA de Conceito/Produto**

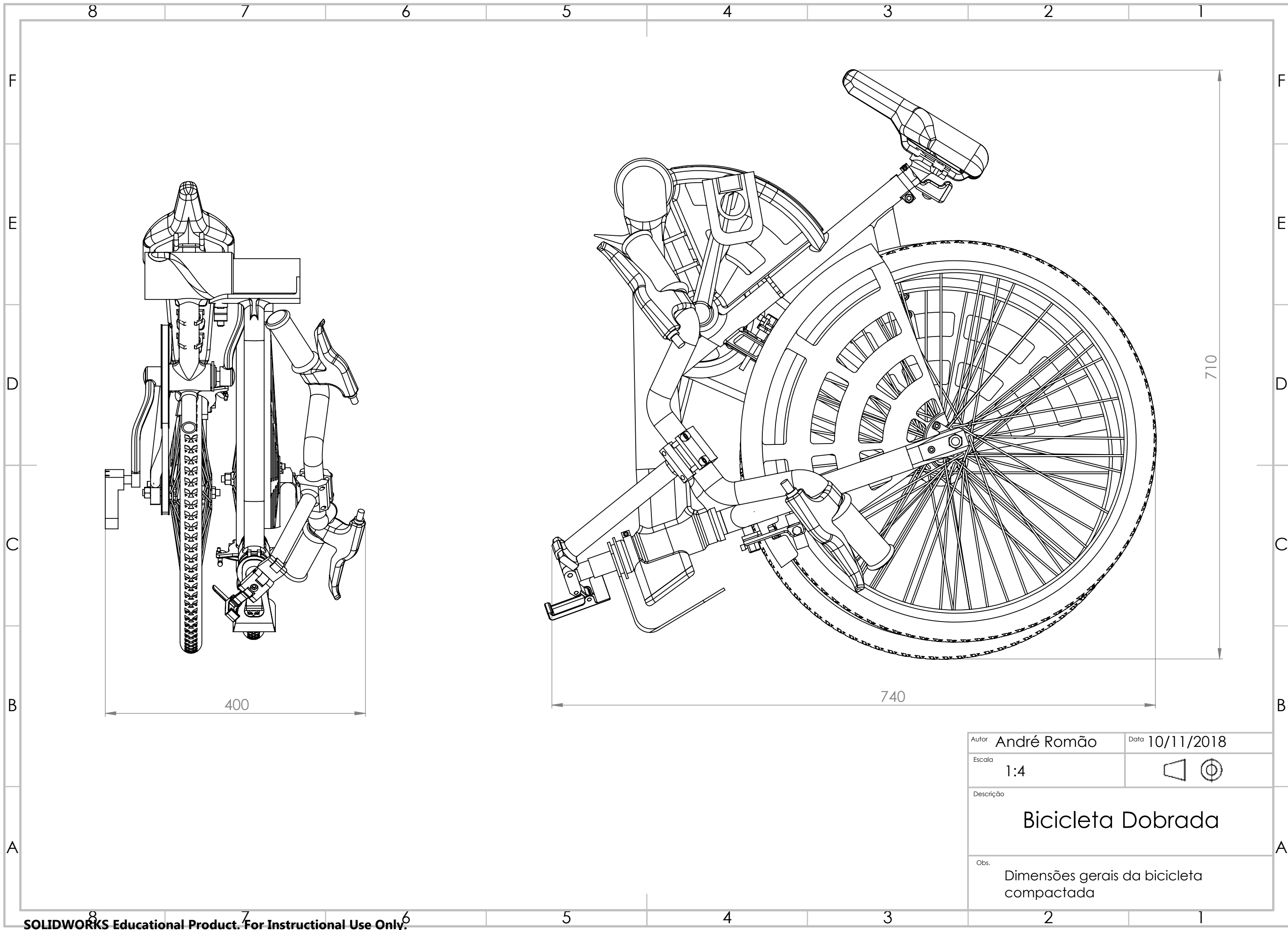
FMEA de Conceito					
ITEM/FUNÇÃO	TIPO DE FALHA POTENCIAL	CAUSA POTENCIAL DE FALHA	POSSÍVEIS EFEITOS DAS FALHAS	TERMOS CRÍTICOS DA FALHA	AÇÃO PREVENTIVA RECOMENDADA
Confortável	Posição de condução incómoda	Dimensões da bicicleta desadequadas	Utilizador sente desconforto/pedalada pouco eficiente	Falha Maior	Criar gama de ajuste da altura do selim e possibilitar a troca do guiador
Adequada a rouda do dia-a-dia	Corrente pode sujar a roupa	A corrente necessita de ser lubrificada com oleo	Utilizador tem de proteger a sua roupa.	Falha Maior	Instalar sistema de transmissão por correia
Posição de condução	O utilizador não consegue vizualizar o trânsito	Posição de condução pouco vertical	Utilizador não consegu garantir a sua segurança	Falha Maior	Instalar guiador elevado
Pouco esforço para pedalar	Necessária muito força para pedalar	Relação de transmissão muito alta	Cansaço do utilizador	Falha Menor	Dar a possibilidade de alterar a relação de transmissão e minimizar peso
Ágil	Aparência instável	Rodas não colineares	O potencial cliente não adquire o produto	Falha Crítica	Criação de mecanismo que permita movimento de translação para desalinhar as rodas
Fácil de dobrar	Dificuldade em fechar a bicicleta	Muitas operações para fechar	Demora muito tempo fechar a bicicleta	Falha Maior	Reduzir e facilitar as operações / duas configurações de fecho.
Fácil transportar dobrada	Dificuldade em segurar a bicicleta fechada	Não existe um local para pegar	Difícil pegar ou rolar a bicicleta fechada	Falha Maior	Criar uma pega ou adaptar um sitio já existente, para pegar na bicicleta e/ou rolar fechada
Fácil Manutenção	Manutenção complexa	Pecas e consumiveis especificos que necessitam de ser encomendados	Reparações demoradas	Falha Maior	Utilizar componentes padronizados sempre que possível
Compacta	Ocupa muito espaço quando fechada	Dimensões elevadas, quando fechada	Dificuldade de arrumação/circulação nos transportes públicos	Falha Maior	Delimitar as dimensões aos maiores componentes não desmontáveis (as rodas)
Estável	Rodas instáveis	Diâmetro das rodas demasiado pequeno	Circulação difícil em pisos irregulares	Falha Maior	Utilizar rodas com diâmetro de 20 polegadas ao invés de 16
Componentes adequados ao uso urbano	Componentes danificam-se ou ficam corroídos	Componentes pouco robustos	Mau funcionamento e mau aspecto da bicicleta	Falha Menor	Utilizar componentes robustos, em materiais resistentes a corrosão ou protegê-los
Robusta	Bicicleta não resiste a impactos de circulação	Estrutura pouco robusta	Deformações na estrutura	Falha Crítica	Simular o comportamento da estrutura em ambiente virtual/Usar perfis de morfologia adequada
	Bicicleta não resiste a impactos quando fechada	Bicicleta pode sofrer impactos impossíveis de prever em projeto	Deformações na estrutura	Falha Crítica	Evitar o uso de materiais anisotrópicos
Preço	Preço Elevado	Componentes de gama elevada	O potencial cliente não adquire o produto	Falha Menor	Usar componentes de gama económica
		Processo de fabrico complexo			Simplificar construção do quadro
Rodas	Rodas podem projectar água	Não existe possibilidade de montar guarda-lamas	O utilizador pode-se molhar	Falha Menor	Criar guarda-lamas adaptados à bicicleta
Visibilidade	Não existe sistema de iluminação na bicicleta	Conceito não especifica local para instalação de luzes	Dificuldade em ver e ser visto durante a noite	Falha Menor	Guiador e espigão de selim permite montar iluminação padrão

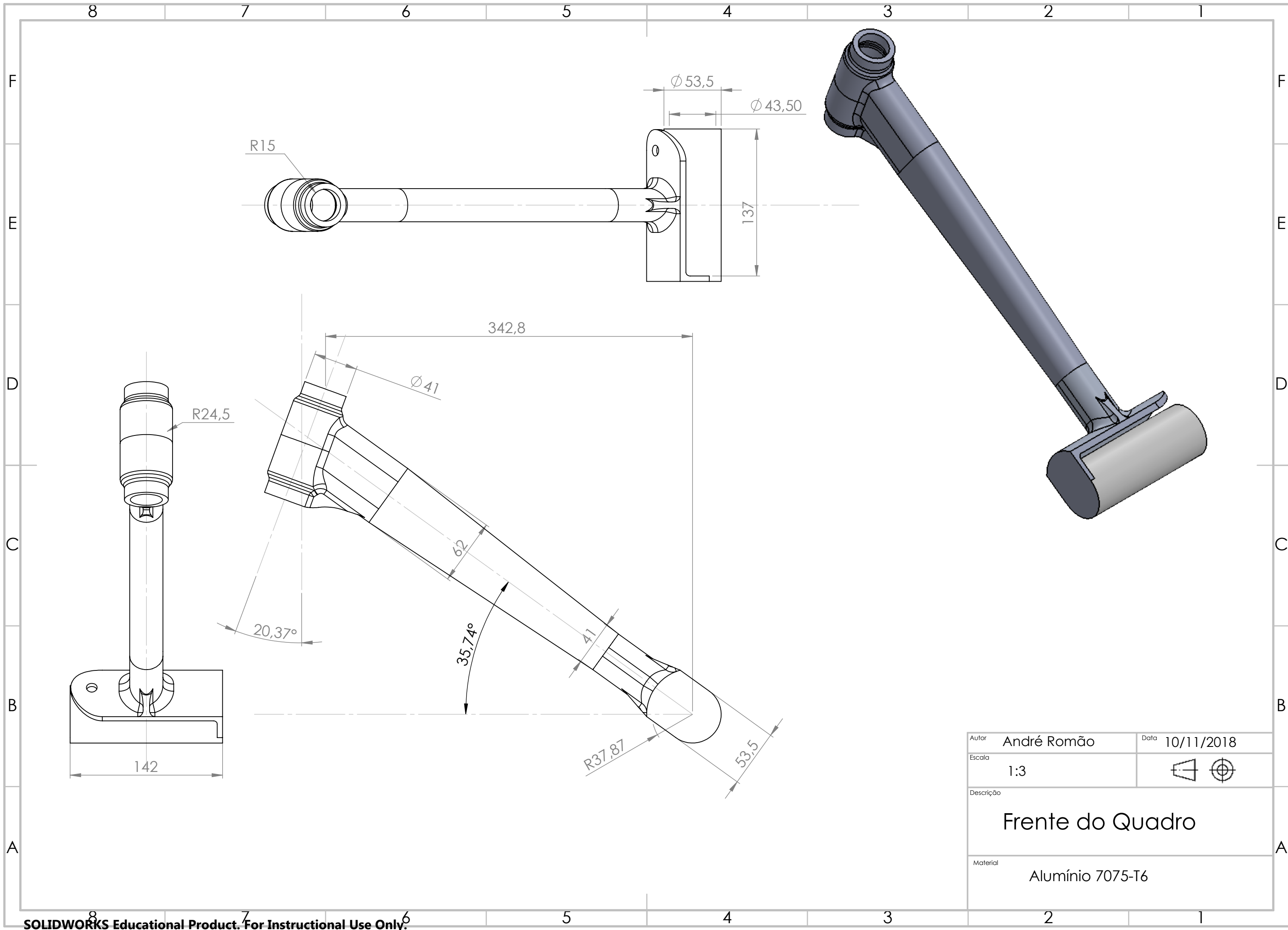
FMEA de produto					
ITEM/FUNÇÃO	TIPO DE FALHA POTENCIAL	CAUSA POTENCIAL DE FALHA	POSSÍVEIS EFEITOS DAS FALHAS	TERMOS CRÍTICOS DA FALHA	AÇÃO PREVENTIVA RECOMENDADA
Quadro	Quadro pouco estável	Articulação pouco rígida	Condução desconfortável, quadro pouco robusto	Falha Crítica	Reforçar articulação
		Tensões elevadas na zona da pedaleira		Falha Crítica	Criação de um elemento de reforço com dupla função como pega
	Impossibilidade de manutenção da articulação	O parafuso não pode ser desmontado	Articulação pode ficar presa ou danificada	Falha Crítica	Fixar o parafuso através de rosca no quadro e contra-porca
	Deformação excessiva do quadro quando sujeito a elevadas cargas	Parte frontal do quadro pouco rígida	Sensação de fragilidade da estrutura	Falha Crítica	Criação de nervuras nas zonas de maior tensão, reforço da espessura da parte frontal do quadro e dos reforços/pegas
	Desgaste excessivo na zona de encosto da anilha intermédia	Contacto entre anilha em aço e quadro em alumínio	Folga excessiva no mecanismo reduz vida útil da bicicleta	Falha Maior	Aplicação no quadro de um inserto em aço.
Sistema de direcção	Dobradiça pode-se danificar quando a bicicleta está fechada	Dobradiça toca no chão	Dobradiça pode ficar presa ou com folga	Falha Maior	Criar apoio para segurar a bicicleta
Guarda lamas traseiro	Lateral colide com a correia	Não existe local de passagem para a correia	Guarda lamas não pode ser instalado	Falha Menor	Criação de zona de passagem para a correia e fixação alternativa do guarda lamas na escora superior.
Sistema de transmissão	Impossível montar e desmontar a correia	Não existe separação entre as escoras traseiras	Ter de se instalar uma corrente convencional	Falha Crítica	Criação de seção desmontável numa das escoras

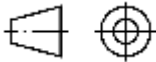
## **Desenhos Técnicos**

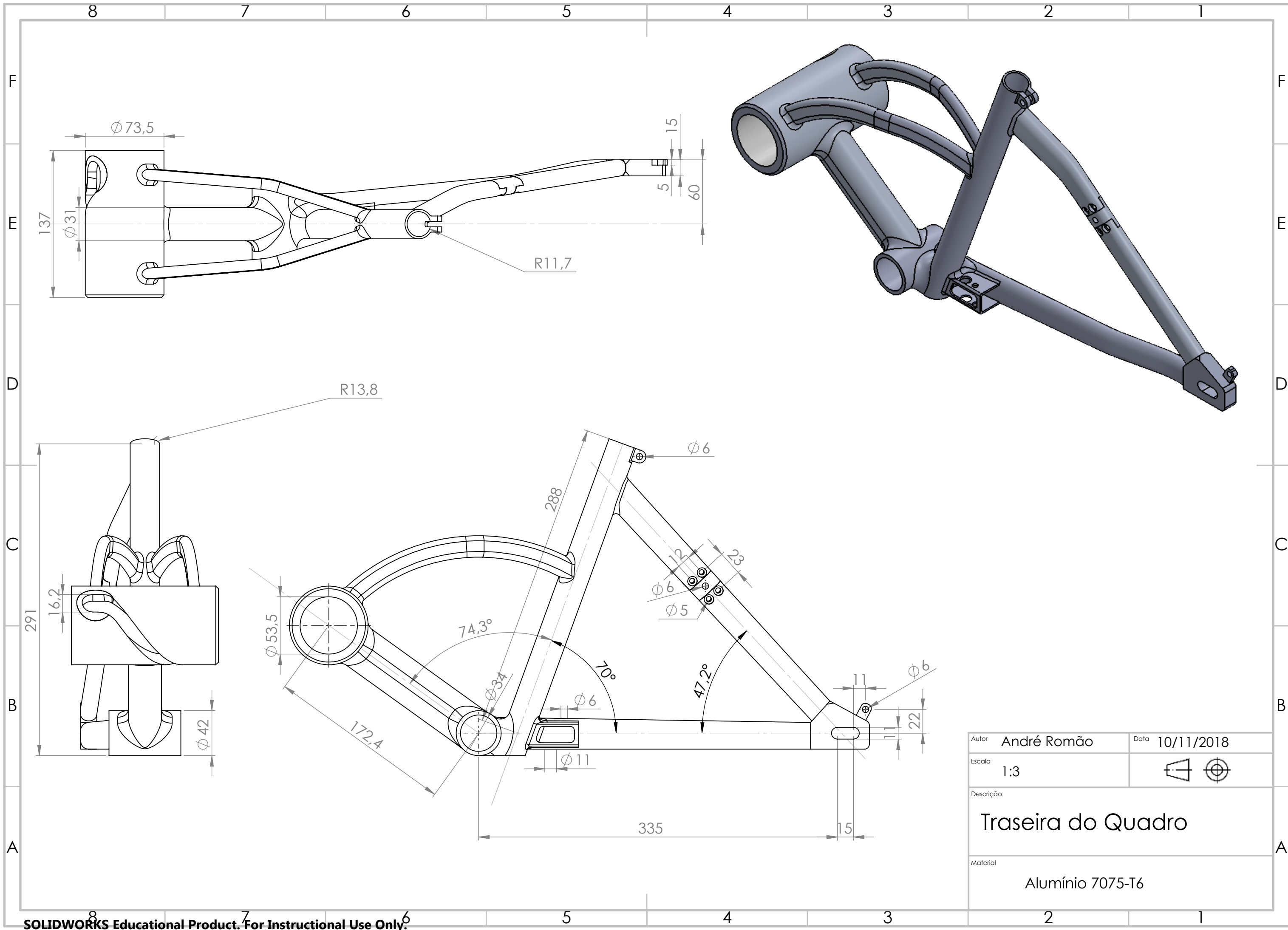


Autor	André Romão	Data	10/11/2018
Escala	1:6		
Descrição			
Bicicleta			
Obs. Dimensões gerais da bicicleta em consições de circulação			

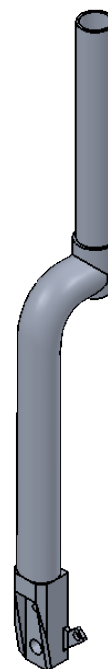
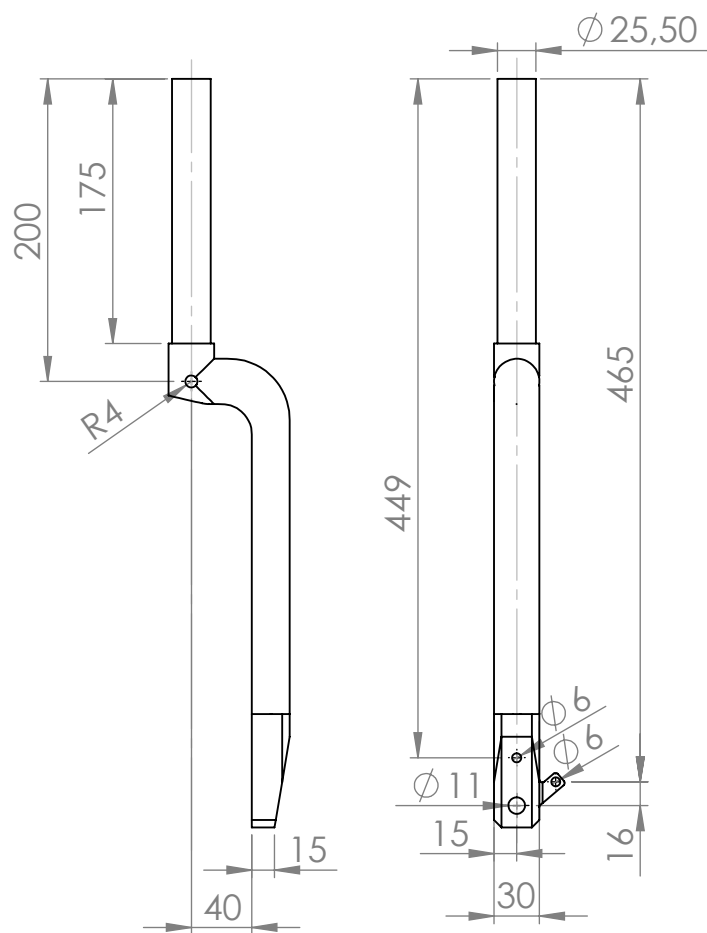






Autor	André Romão	Data	10/11/2018
Escala	1:3		
Descrição			
Frente do Quadro			
Material			
Alumínio 7075-T6			

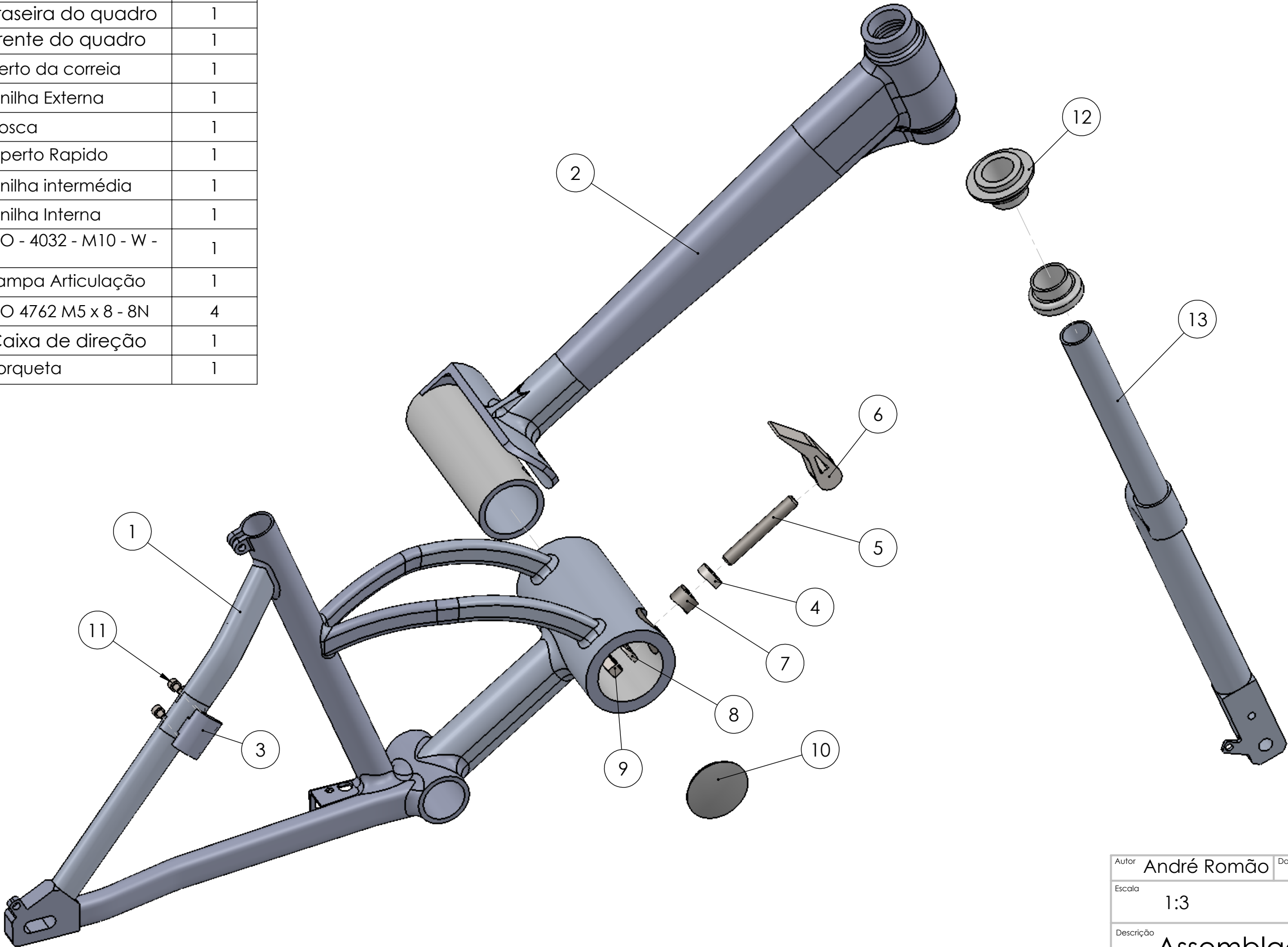




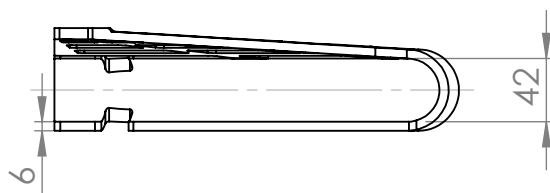
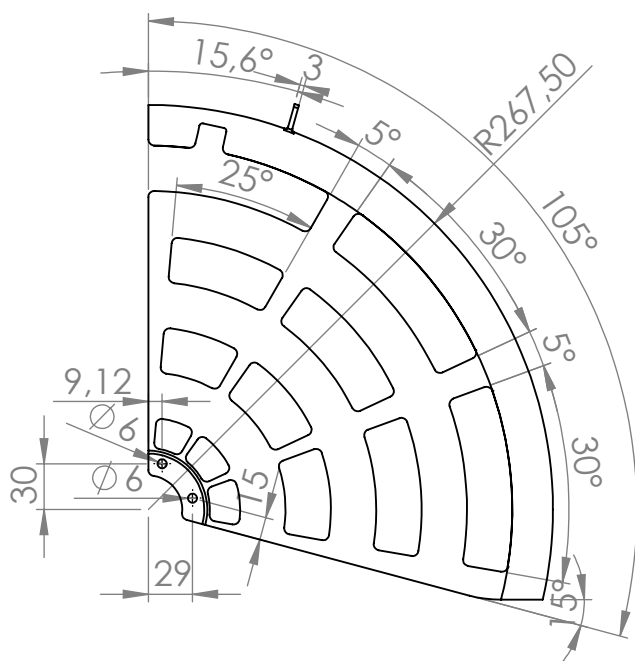
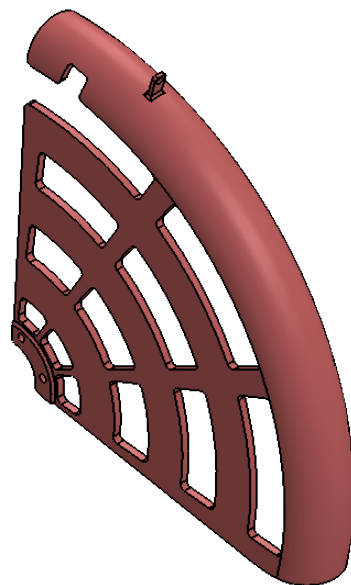
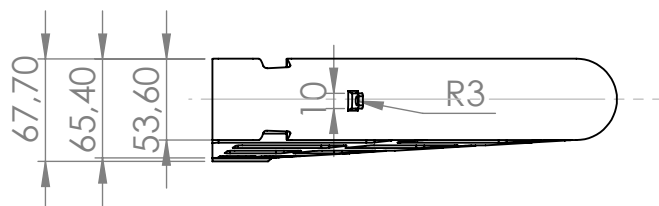



Autor	André Romão	Data	9/11/2018
Escala	1:5	 	
Descrição	Forqueta		
Material	Alumínio 7075 T6		

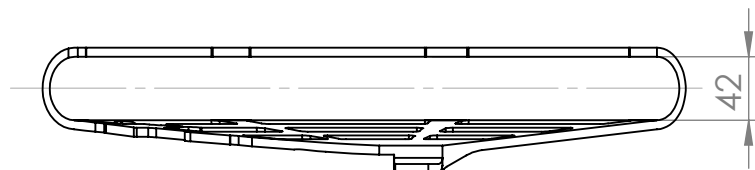
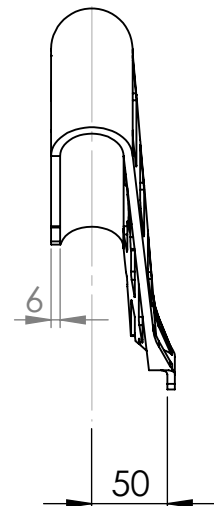
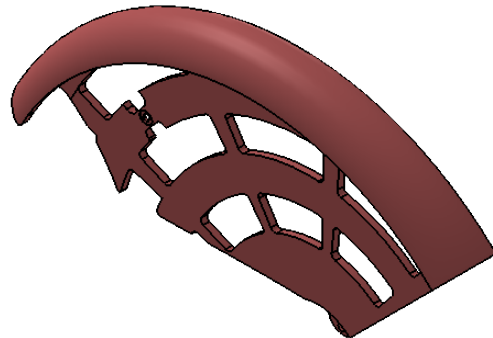
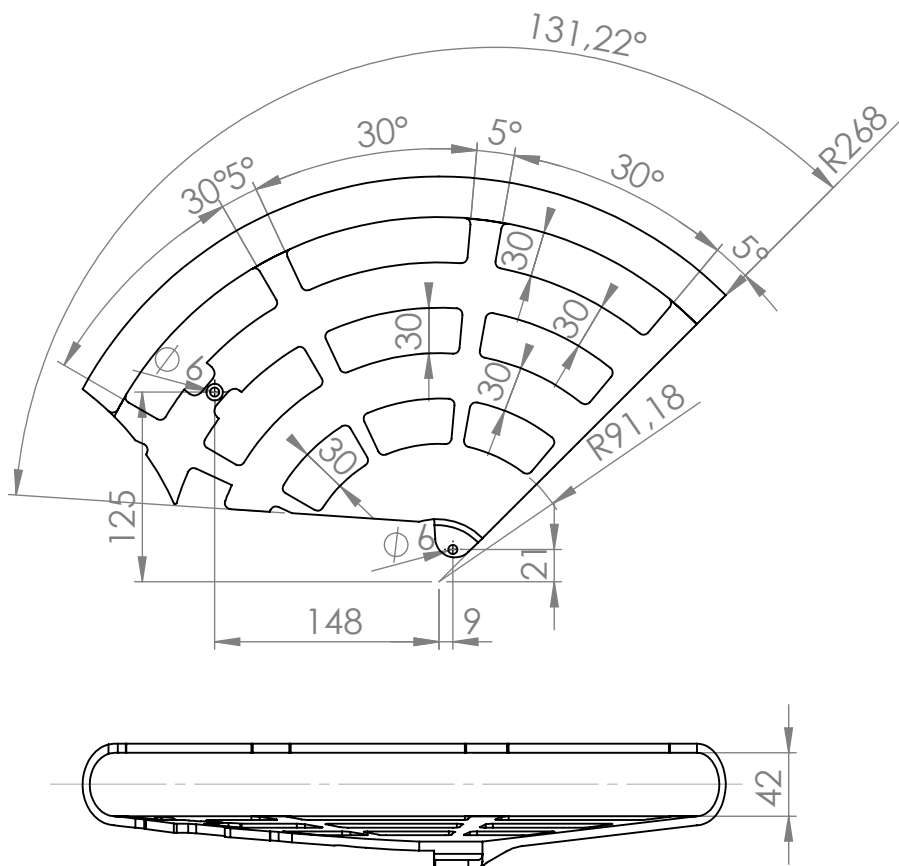
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Traseira do quadro	1
2	Frente do quadro	1
3	Iserto da correia	1
4	Anilha Externa	1
5	Rosca	1
6	Aperto Rapido	1
7	Anilha intermédia	1
8	Anilha Interna	1
9	ISO - 4032 - M10 - W - N	1
10	Tampa Articulação	1
11	ISO 4762 M5 x 8 - 8N	4
12	Caixa de direção	1
13	Forqueta	1

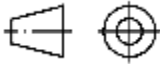


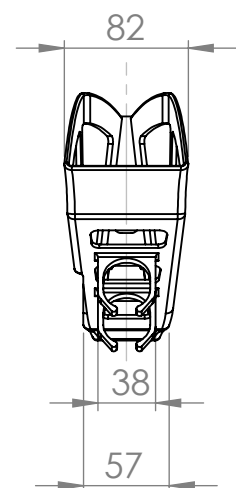
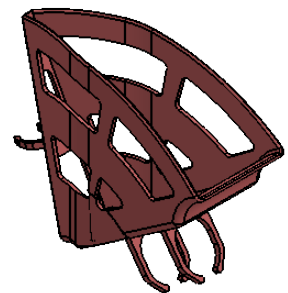
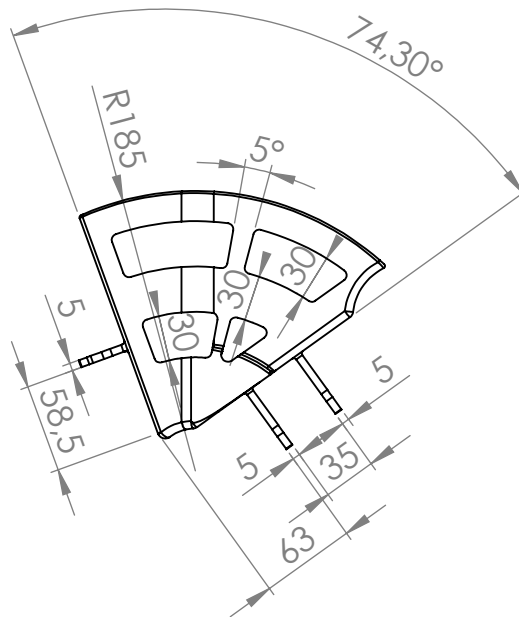
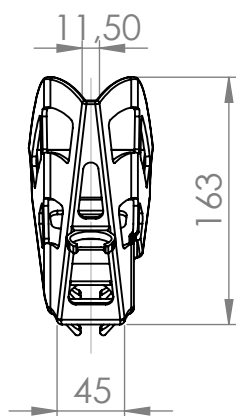
Autor	André Romão	Data	10/11/2018
Escala	1:3		
Descrição	Assemblagem do Quadro		
Obs.	Componentes do quadro, articulação, forqueta e inserto da correia.		

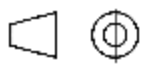


Autor	André Romão	Data	9/11/2018
Escala	1:5		
Descrição			
Guarda Lamas Frontal			
Material			
Polipropileno			



Autor	André Romão	Data	9/11/2018
Escala	1:5		
Descrição	Guarda Lamas Traseiro		
Material	Polipropileno		



Autor	André Romão	Data	9/11/2018
Escala	1:5		
Descrição	Bolsa do Quadro		
Material	Polipropileno		

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Assemblagem Quadro	1
2	Movimento Pedaleiro	1
3	Crenque+Pedaleira	1
4	Crenque esquerdo	1
5	Pedal	2
6	ISO - 4035 - M10 - N	2
7	ISO - 4035 - M6 - N	3
8	Tampa Crenque	2
9	Guarda Lamas T.	1
10	ISO 4762 M6 x 10 - 10N	1
11	ISO 4762 M6 x 16 - 16N	2
12	ISO 4762 M6 x 30 - 30N	5
13	Guarda Lamas F.	1
14	ISO 10642 - M6 x 20 - 20N	1
15	ISO 10642 - M6 x 30 - 30N	1
16	Eixo	2
17	ISO - 4161 - M10 - N	4
18	Roda Frontal	1
19	Roda Traseira	1
20	Roda Livre	1
21	Correia	1
22	Travão	2
23	ISO - 4034 - M6 - N	2
24	Bolsa	1
25	Espiggão selim	1
26	Aperto Rápido Selim	1
27	Selim	1
28	Espigão Guiador	1
29	Avanço	1
30	Veio Articulação Guiador	1
31	Veio Gancho Longo	1
32	Interior do Gancho	1
33	Gancho	1
34	Veio Gancho Longo	1
35	Guiador	1
36	Abraçadeira do Avanço	1
37	Punho	2
38	Manete	2
39	Proteção guiador	1



Autor	André Romão	Date	10/11/2018
Escala	1:8		
Descrição	Assemblagem geral		
Obs.	Montagem de componentes na estrutura do quadro e forqueta		